

Эйвинд Нидал Даль

ПРОСТАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ДЕТЕЙ

ДЕВЯТЬ ПРОСТЫХ
ПРОЕКТОВ
С ПОДСВЕТКОЙ,
ЗВУКАМИ
и многое другое!

Сборка
без
пайки!



 Лаборатория
ЗНАНИЙ



no starch
press

ПРОСТАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ДЕТЕЙ

ДЕВЯТЬ ПРОСТЫХ ПРОЕКТОВ
С ПОДСВЕТКОЙ, ЗВУКАМИ
И МНОГОЕ ДРУГОЕ!

A BEGINNER'S GUIDE TO CIRCUITS

NINE SIMPLE PROJECTS
WITH LIGHTS, SOUNDS,
AND MORE!

BY ØYVIND NYDAL DAHL



no starch
press

SAN FRANCISCO

Эйвинд Нидал Даль

ПРОСТАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ДЕТЕЙ

ДЕВЯТЬ ПРОСТЫХ ПРОЕКТОВ
С ПОДСВЕТКОЙ, ЗВУКАМИ
и многое другое!

Электронное издание

Перевод с английского
Ф. Г. Хохлова

под редакцией
канд. техн. наук Ю. П. Батырева



Москва
Лаборатория знаний
2021

УДК 087.5 : 621.38
ББК 32.85я92
Н60

Серия основана в 2020 г.

Нидал Даль Э.

Н60 Простая электроника для детей. Девять простых проектов с подсветкой, звуками и многое другое / Э. Нидал Даль ; пер. с англ. Ф. Г. Хохлова ; под ред. Ю. П. Батырева. — Электрон. изд. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 98 с. — (Школа юного инженера). — Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". — Загл. с титул. экрана. — Текст : электронный.

ISBN 978-5-00101-943-5

Книга «Простая электроника для детей» — идеальный трамплин для прыжка в мир электроники и схемотехники.

Первое, чему вы научитесь, — это читать принципиальные электрические схемы и применять безопасную макетную плату для сборки схем без паяльника. Затем вы получите огромный практический опыт, собрав девять простых проектов из самых доступных электронных компонентов и микросхем. В процессе сборки вы узнаете, как работает каждый компонент, для чего применяется и какие новые интересные эффекты можно получить, комбинируя разные виды компонентов в схемах.

Для детей среднего школьного возраста, руководителей кружков, а также для всех, у кого наконец проснулся не потребительский, а творческий интерес к миру электроники.

**УДК 087.5 : 621.38
ББК 32.85я92**

Деривативное издание на основе печатного аналога: Простая электроника для детей. Девять простых проектов с подсветкой, звуками и многое другое / Э. Нидал Даль ; пер. с англ. Ф. Г. Хохлова ; под ред. Ю. П. Батырева. — М. : Лаборатория знаний, 2021. — 95 с. : ил. — (Школа юного инженера).

ISBN 978-5-00101-280-1.

6+

В соответствии со ст. 1299 и 1301 ГК РФ при устранении ограничений, установленных техническими средствами защиты авторских прав, правообладатель вправе требовать от нарушителя возмещения убытков или выплаты компенсации

Copyright © 2019 by Øyvind Nydal Dahl.
Оригинальное англоязычное название:
A Beginner's Guide to Circuits: Nine Simple
Projects with Lights, Sounds, and More!
ISBN 978-1-59327-904-2, опубликованное
No Starch Press. Все права защищены.
© Перевод на русский язык,
Лаборатория знаний, 2021

ISBN 978-5-00101-943-5

Оглавление

Об авторе	9
О редакторе	9
Благодарности	10
Введение	11
Проекты, которые вас ожидают	11
Что вам понадобится при сборке проектов	13
Как собирать схемы, рассмотренные в этой книге	15
Как обозначаются электронные компоненты на схемах и как они выглядят на самом деле	15
Сборка схем на безопасной макетной плате	18
Ваша первая схема на безопасной макетной плате	21
Принципиальная схема	22
Список компонентов	22
Сборка схемы	22
Подключение резистора	23
Подключение светодиода	23
Подключение схемы к шине питания	25
Подключение макетной платы к батарее	25
Что делать, если светодиод не горит	27
Теперь вы готовы к сборке девяти схем проектов!	27
Проект 1. Игра «Твердая рука»	29
Принципиальная схема	30
Список компонентов	30
Описание проекта	30
Подключение зуммера к батарее	31
Изготовление игрового трека	31
Подключение кольца к макетной плате	33
Самые частые ошибки	34
Бесшумный вариант игры	34

Проект 2. Световая сигнализация при касании	35
Принципиальная схема	36
Список компонентов	36
Что это за штука — транзистор?	36
Описание проекта	37
Самые частые ошибки	39
Как работает схема	39
Проект 3. Звуковая охранная сигнализация для банки с печеньем	41
Принципиальная схема	42
Список компонентов	42
Описание проекта	42
Самые частые ошибки	43
Как работает схема	43
Проект 4. Ночник	47
Принципиальная схема	48
Список компонентов	48
Описание проекта	48
Самые частые ошибки	49
Как работает схема	50
Проект 5. Мигающий светодиод	53
Принципиальная схема	54
Список компонентов	54
Описание проекта	54
Самые частые ошибки	56
Как работает схема	57
Проект 6. Светофор на железнодорожном переезде	61
Принципиальная схема	62
Список компонентов	62
Описание проекта	62
Самые частые ошибки	63
Как работает схема	63
Проект 7. Праздничная гирлянда	69
Принципиальная схема	70
Перечень компонентов	70
Описание проекта	70
Самые частые ошибки	71
Как работает схема	72
Проект 8. Электронное пианино	77
Принципиальная схема	78

Перечень компонентов	78
Описание проекта	78
Самые частые ошибки	80
Как работает схема	81
Проект 9. Подсветка на козырек над входом	83
Принципиальная схема	84
Перечень компонентов	84
Описание проекта	85
Самые частые ошибки	86
Как работает схема	86
Идеи для продолжения	89
Цветовая маркировка резисторов	91
Практические советы	92
Советы по использованию безопасных макетных плат	92
Мастерская начинающего электронщика	93
Где можно купить нужные детали?	94
Где можно научиться схемотехнике?	94

Эта книга посвящается Пили, моей прекрасной жене

Об авторе

Эйвинд Нидал Даль (Oyvind Nydal Dahl) — изобретатель, программист, писатель, оратор, блогер, гитарист и многое другое. Магистр электроники университета (Осло, Норвегия). Помогает различным компаниям в создании новых изделий, а также обучает технический персонал по всему миру. Основал сайт <http://www.build-electronic-circuits.com/> и сайт любителей электроники <http://ohmify.com/>

О редакторе

Джон Хьюс (John Hewes) начал собирать схемы еще в юном возрасте, а став подростком, перешел уже к более сложным электронным проектам. В дальнейшем он получил ученую степень по физике, но своего увлечения электроникой не оставил. Преподавал электронику и физику в Великобритании, основал школьный клуб электроники и создал его сайт <http://www/electronicclub.info/> Уверен, что каждый может получить удовольствие, работая над электронными проектами, и проявить себя в электронике независимо от возраста и способностей.

Благодарности

Я благодарен всей команде издательства No Starch Press, особенно Райли Хоффману (Riley Hoffman) и Заку Лебовски (Zach Lebowsky), за помощь в создании очередной книги. Благодарю Джона Хьюса (John Hewes) за советы по улучшению книги и за выявление допущенных мною ошибок. Отдельное спасибо Джошу Эллингсону (Josh Ellingson) и Мими Хефт (Mimi Heft) за великолепный дизайн обложки.

Введение

С этой книгой вы умножите свои знания и умения в электронике. Я научу вас читать принципиальные электрические схемы и применять макетные платы. Затем шаг за шагом мы вместе соберем простейшую схему на макетной плате. После этого вы сможете уже самостоятельно собрать предлагаемые проекты, опираясь на принципиальные схемы и список компонентов. Сборка электронных устройств на основе принципиальных схем — это основополагающий навык для всех любителей электроники: от начинающих до высококлассных специалистов (экспертов).

Проекты, которые вас ожидают

По мере вашего продвижения по книге схемы будут усложняться. Вот их краткое описание.

Проект 1. Игра «Твердая рука». На основе этой простейшей схемы собираем игру типа игры «Операция». Здесь выигрыш тоже зависит от твердости вашей руки.

Проект 2. Световая сигнализация при касании. С помощью контактной площадки (тачпада) мы построим сенсорный выключатель света, чтобы при прикосновении пальца включался свет.

Проект 3. Звуковая охранная сигнализация для банки с печеньем. Ваше печенье останется в неприкосновенности — сигнал зуммера спугнет похитителя-лакомку.

Проект 4. Ночник. Здесь мы соберем светильник, который зажигается при наступлении темноты и облегчает задачу ночных поисков.

Проект 5. Мигающий светодиод. Изучаем основы цифровой электроники и используем интегральную схему для управления светодиодом.

Проект 6. Светофор на железнодорожном переезде. Безопасность движения на игрушечной железной дороге тоже необходима, поэтому поставим светофоры на ее переездах. Через эту схему проходит каждый.

Проект 7. Праздничная гирлянда. Встречаем праздник гирляндой из мигающих светодиодов!

Проект 8. Электронное пианино. Создаем музыкальный инструмент из простейших деталей для украшения досуга в кругу семьи или друзей.

Проект 9. Подсветка на козырек над входом. Вооружившись всеми приобретенными знаниями и умениями, собираем схему потрясающего светового шоу.

Необходимые ресурсы по всем схемам, рассмотренным в данной книге, можно также найти на сайте книги <http://nostarch.com/circuits/>

Что вам понадобится при сборке проектов

Все компоненты, используемые в данной книге, недороги, и их нетрудно приобрести. Вот их список.

Кол-во	Артикул фирмы Jameco	Характеристика	Описание
1	№ 198731	Батарея на 9 В	Стандартный источник питания на 9 В
1	№ 109154	Зажим батареи	Деталь для подключения источника питания к макетной плате
1	№ 20601	Макетная плата	Макетная плата примерно на 400 точек
20	№ 2237044	Соединительные провода-перемычки (джамперы)	Комплект минимум из 20 проводов
1	Входит в состав № 2217511	100 Ом	Стандартный резистор
4	Входит в состав № 2217511	1 кОм	Стандартные резисторы
2	Входит в состав № 2217511	10 кОм	Стандартные резисторы
1	Входит в состав № 2217511	100 кОм	Стандартный резистор
2	Входит в состав № 2217511	470 Ом	Стандартные резисторы
2	Входит в состав № 2217511	47 кОм	Стандартные резисторы
1	№ 151116	0,1 мкФ	Неполярный конденсатор
1	№ 31000	4,7 мкФ	Полярный конденсатор
2	№ 94212	10 мкФ	Полярные конденсаторы
1	№ 158394	100 мкФ	Полярный конденсатор

Окончание табл.

Кол-во	Артикул фирмы Jameco	Характеристика	Описание
2	№ 254801	BC547	Подойдут любые <i>n-p-n</i> -транзисторы общего назначения
10	№ 333973	Светодиод (LED)	Стандартные светодиоды. Должны иметь примерно одинаковое прямое напряжение V_f
1	№ 904085	NE555	ИС 555 таймер
1	№ 12749	CD4017B	ИС 4017 десятичный счетчик
1	№ 44257	74C14	ИС 74C14, сборка из шести инверторов на триггерах Шмитта в одном корпусе
4	№ 119011	Мгновенное включение	Сенсорные мини-кнопки
1	№ 202454	Светочувствительный резистор (LDR)	Фоторезистор. Имеет сопротивление 5–10 кОм на свету и 200 кОм и более в темноте
1	№ 2239146	Динамик, 8 Ом	Динамик
1	№ 2120452	Зуммер	Активный зуммер, работающий от 9 В

ПРИМЕЧАНИЕ

Компоненты, перечисленные в этой таблице, можно купить в России в любом магазине электроники или на складе.

Ну, если все детали собраны, можно начинать!

Как собирать схемы, рассмотренные в этой книге

Для каждого устройства дана принципиальная электрическая схема — рисунок, на котором показан порядок соединения электронных компонентов (**рис. 1**).

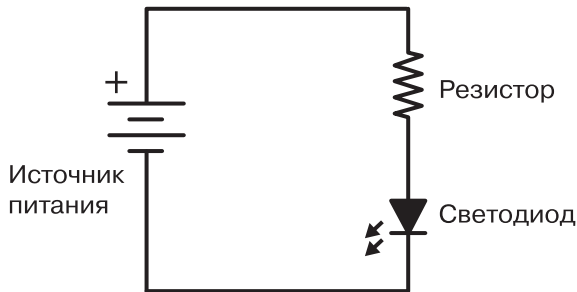


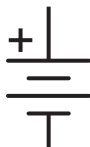
Рис. 1. На этой схеме показано, как нужно соединить между собой батарею, резистор и светодиод

В списке компонентов схемы приводятся характеристики, которые они должны иметь. Например, резистор должен иметь сопротивление 470 Ом, а конденсатор — емкость 10 мкФ. Каждому компоненту соответствует свое условное обозначение, и эти символы соединяются линиями, которые показывают порядок соединения компонентов. После небольшой практики с принципиальными схемами вы быстро запомните все обозначения.

Как обозначаются электронные компоненты на схемах и как они выглядят на самом деле

Ниже приведены условные обозначения компонентов на принципиальной схеме¹ и их фотографии.

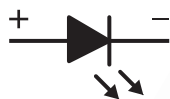
¹ В России и странах СНГ применяется другое условное обозначение резистора: —□—. — *Прим. перев.*

Источник
питания

Резистор

Неполярный
конденсаторПолярный
конденсатор

Светоизлучающий диод (LED)



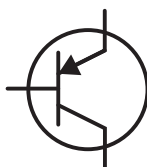
Фоторезистор (LDR)



Транзистор



npn



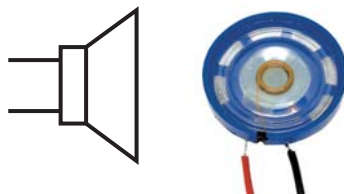
pnp



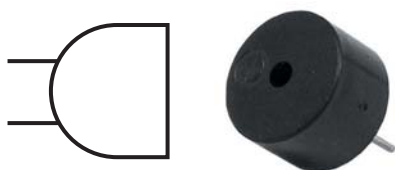
Кнопка (переключатель)



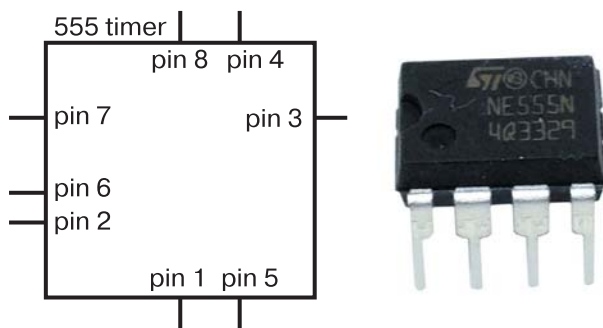
Динамик



Зуммер



Интегральная схема



ПРИМЕЧАНИЕ

Некоторые интегральные схемы, например инвертор на триггерах Шмитта, обозначаются символом, отражающим их функциональное назначение:



Сборка схем на бесплаечной макетной плате

Бесплаечная макетная плата очень упрощает сборку, и в этой книге мы будем иметь дело только с ними. Вы просто вставляете выводы компонентов и концы проводов в отверстия контактных разъемов. Если при сборке вы ошиблись или решили изменить схему, то вытащите выводы и переставьте их на новое место. В отличие от пайки, вам не придется распрямлять выводы и очищать их от припоя. Выводы остаются, как новенькие, и компоненты можно использовать повторно для сборки других схем.

Большинство макетных плат разделены на четыре независимые контактные зоны (**рис. 2**). По краям платы рас-

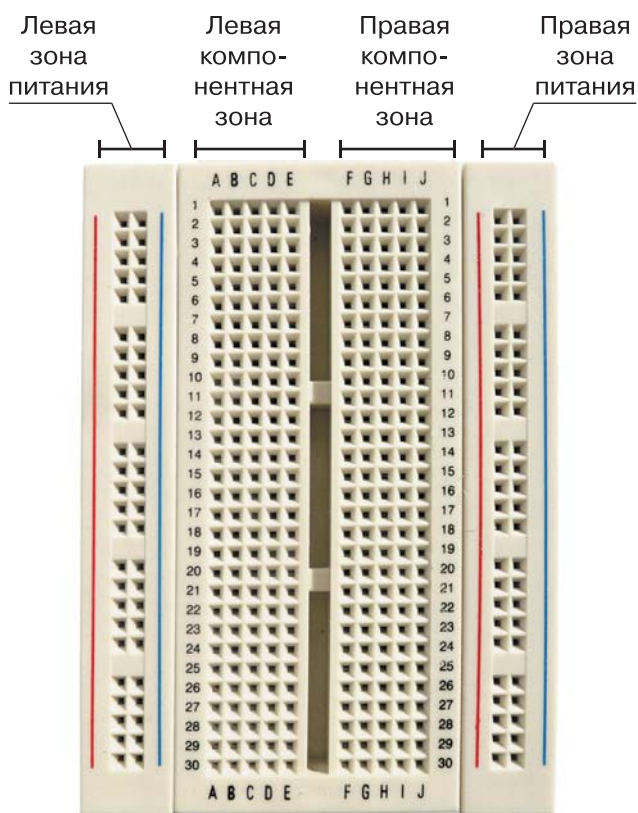


Рис. 2. Типичная макетная плата с обозначениями зон

положены две зоны питания, имеющие плюсовую и минусовую шины питания. Они маркированы красной (+) и синей (–) линиями. Все точки (разъемы) каждой шины соединены между собой металлической пластиной. Значит, если подключить плюс батареи к верхнему левому отверстию зоны питания, то все отверстия этой шины будут соединены с плюсом батареи.

В середине платы находятся две зоны для установки компонентов и перемычек. Эти зоны разделены канавкой и электрически изолированы между собой. Пять отверстий в каждом ряду зоны (ряды пронумерованы) соединены между собой металлической пластиной.

Выводы компонентов называют по-разному: пины, ножки или выводы. Чтобы соединить компоненты, их выводы вставляют в один ряд компонентной зоны. Если отверстия в этом ряду уже заняты или стало тесно, то можно подключить к нему соседние ряды с помощью проводов-перемычек.

Посмотрим на **рис. 3**. Чтобы соединить нижний вывод резистора и верхний вывод светодиода, их просто вста-

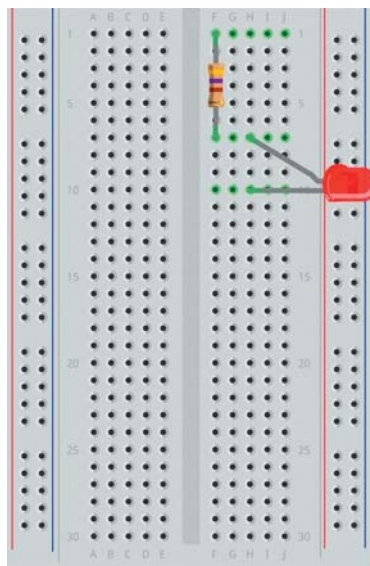


Рис 3. Соединение резистора и светодиода

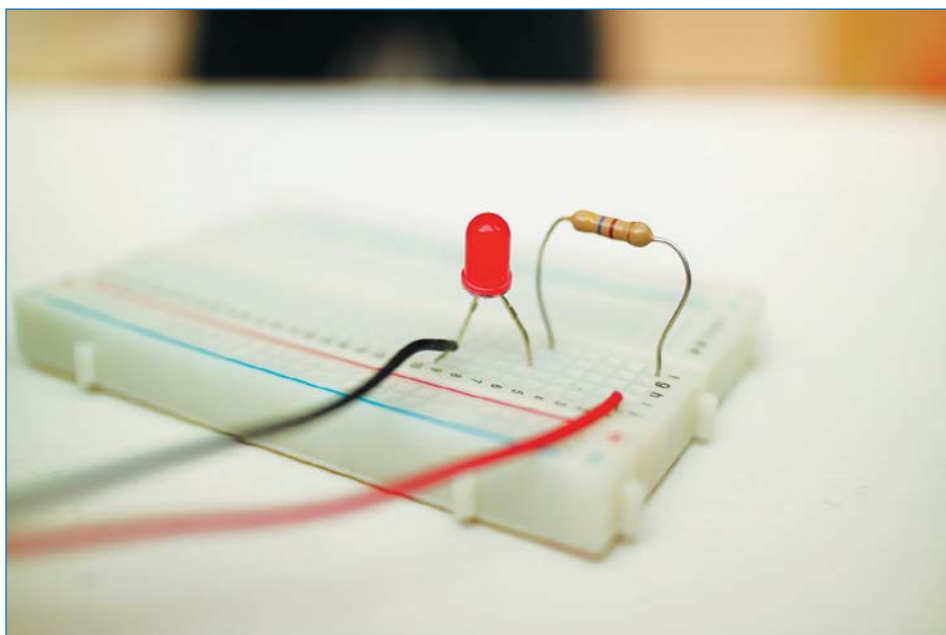
вили в один ряд — в седьмой. В этот ряд больше ничего не подключено, следовательно, резистор и светодиод ни с чем не соединяются.

ПРИМЕЧАНИЕ

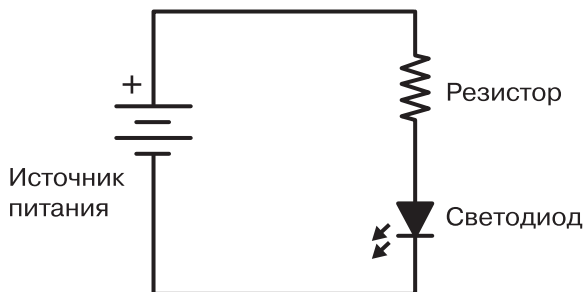
Макетные платы большего размера имеют четыре зоны для подачи питания: верхнюю правую, верхнюю левую, нижнюю правую, нижнюю левую.

Ваша первая схема на беспаечной макетной плате

Это простейшая схема, которая включает свет-
излучающий диод (светодиод, LED).



Принципиальная схема



Список компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
Источник питания	9 В	Стандартная батарея на 9 В
Зажим батареи		Деталь, с помощью которой подключают батарею к макетной плате
Безопасная макетная плата		Плата из пластика, имеющая 400 точек-разъемов
Резистор	470 Ом	Радиоэлемент, который уменьшает ток, проходящий через светодиод
Светодиод	Красный	Стандартный светодиод
Соединительные провода-перемычки		Два провода-перемычки разного цвета, лучше красного и черного

Сборка схемы

Все, что требуется для построения схемы, — это батарея, резистор и светодиод. Резистор и светодиод соединяются последовательно, поэтому не имеет значения, как их подключить: сначала резистор, а после него светодиод или

наоборот. Резистор нужен для ограничения тока, протекающего через светодиод. Без резистора светодиод быстро выйдет из строя — перегорит.

Подключение резистора

В этой схеме нам потребуется резистор сопротивлением 470 Ом. Если внимательно его рассмотреть, можно увидеть разноцветные полоски. По их цветам мы узнаем величину сопротивления, или номинал, резистора. Резистор сопротивлением 470 Ом должен иметь желтую, фиолетовую, коричневую, а также золотую или серебряную полоски, которые идут именно в таком порядке (**рис. 1**).



Рис. 1. Резистор сопротивлением 470 Ом

ПРИМЕЧАНИЕ

На самой последней странице книги вы найдете таблицу цветовой маркировки резисторов, которая поможет вам определять их номиналы.

Вставим ножки резистора в отверстия колонки F: одну — в ряд 1, а другую — в ряд 7 (**рис. 2**). Полярность не имеет значения.

Подключение светодиода

Теперь подключим светодиод. У него есть две ножки: анод, подключаемый к «+» источника питания, и катод, подключаемый к минусовой клемме. Для простоты будем

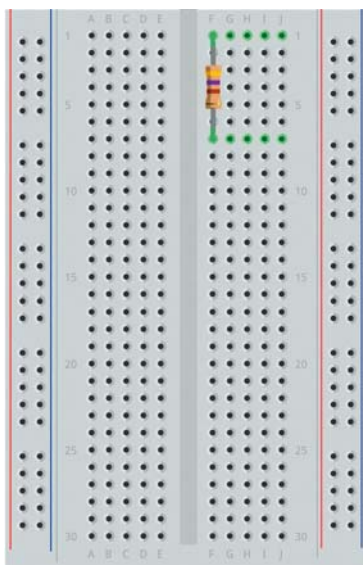


Рис. 2. Подключение резистора к макетной плате

называть анод плюсом светодиода, а катод — его минусом (**рис. 3**).

А как понять, где какой? Есть два способа указания полярности светодиода. Посмотрите внимательно на ножки: если одна ножка длиннее, то это плюс. Если же ножки имеют одинаковую длину, присмотритесь к нижнему ободку корпуса. С одной стороны ободок должен быть плоским (см. рис. 3). Это минусовой контакт. Если остаются сомнения, положите светодиод на ровную поверхность и покатайте его, чтобы определить, с какой стороны ободок плоский.

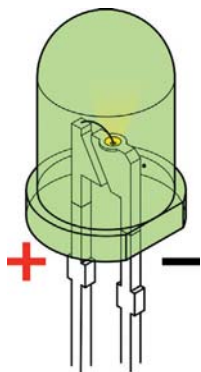


Рис. 3. Плюс и минус светодиода

Вставим плюсовую ножку светодиода в ряд 7 колонки H, а минусовую — в ряд 10 этой же колонки (**рис. 4**).

Теперь плюс светодиода соединен с резистором согласно схеме, а минус никуда не подключен.

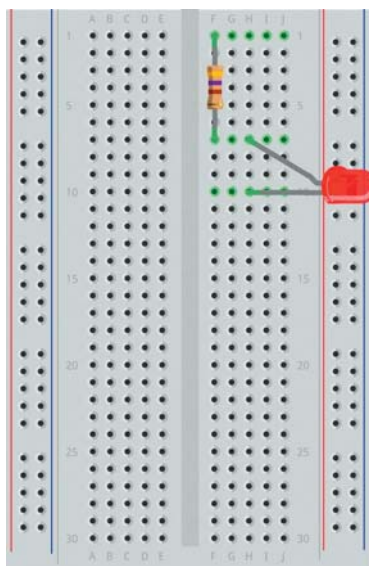


Рис. 4. Последовательное соединение резистора и светодиода

Подключение схемы к шине питания

Теперь подключим компоненты схемы к шине питания.

Посмотрим еще раз на принципиальную схему: плюсовая шина питания должна быть соединена с верхним выводом резистора, который вставлен в точку 1 первого ряда. Для этого возьмем красную перемычку и вставим один ее конец в точку 5 первого ряда зоны компонентов, а другой в разъем плюсовой шины в правой зоне питания (так удобнее). Затем подключим черным проводом минус светодиода к минусовой шине питания (**рис. 5**).

Подключение макетной платы к батарее

Ну вот, все компоненты схемы смонтированы на плате и подключены к шинам питания. Осталось подключить батарею.

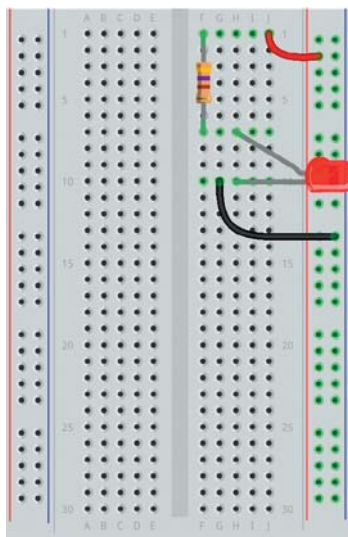


Рис. 5. Подключение зоны компонентов к правой зоне питания

Сначала подключим к батарее ее зажим (клипсу). Предварительно убедимся, что оголенные концы черного и красного проводов зажима не соприкасаются. Подсоединим красный провод батареи к плюсовой шине зоны питания на правой стороне платы, а черный провод — к минусовой шине (**рис. 6**).

Светодиод должен загореться!

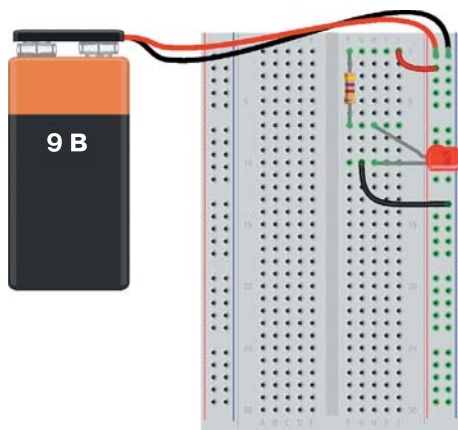


Рис. 6. Подключение батареи к зоне питания на макетной плате

Что делать, если светодиод не горит

Почему-то светодиод не загорается! Для начала проверьте правильность каждого соединения на макетной плате, чтобы убедиться, что все собрано по схеме.

Если все подключено правильно, а схема все-таки не работает, проверьте правильность подключения светодиода. Переверните его.

Если схема и теперь не работает, проверьте величину сопротивления вашего резистора по таблице цветовой маркировки резисторов в конце книги. Должно быть 470 Ом.

Так и не заработала? Как ни печально, но светодиод, вероятно, «сдох»... Возможно, вы подключили его напрямую к батарее, без резистора. Замените его.

Теперь вы готовы к сборке девяти схем проектов!

Собрав эту схему, можно переходить к девяти проектам, рассмотренным в книге. Для начала советую вернуться к уже собранной схеме. Постарайтесь понять, как она работает. Понимание важно для дальнейшей работы по книге. Хорошим тестом будет сборка этой схемы на левой половине платы. Не забывайте заглядывать в принципиальную схему!

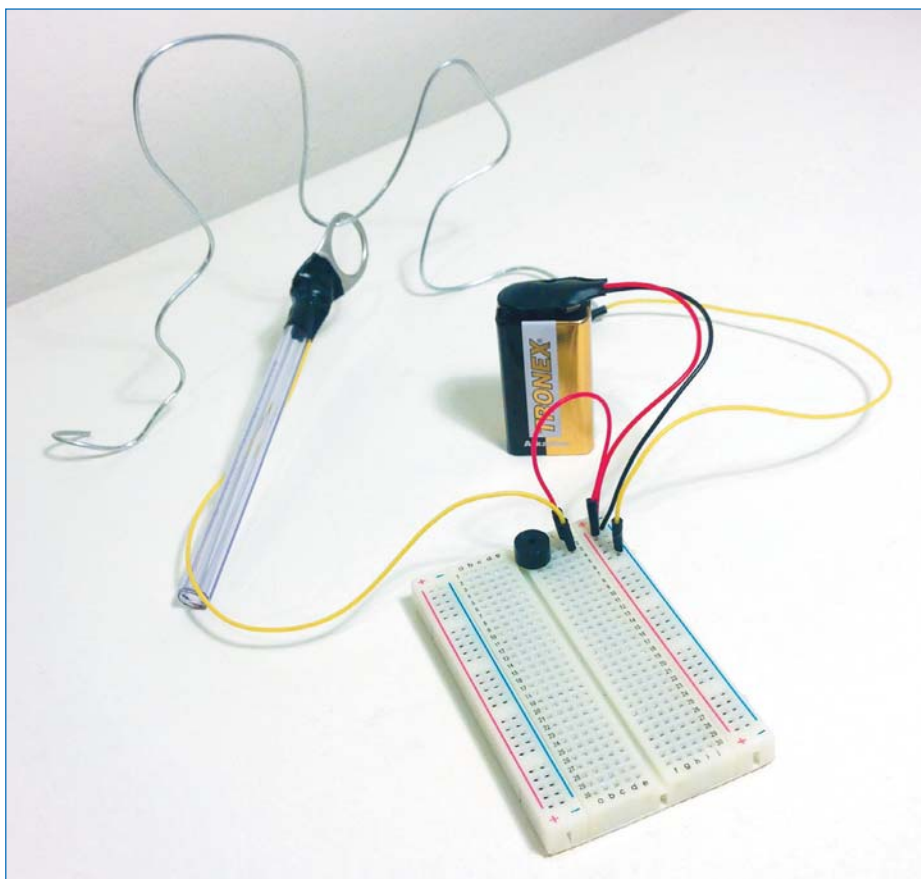
ПРИМЕЧАНИЕ

При сборке всех схем, рассмотренных в данной книге, обязательно присутствуют макетная плата, соединительные провода-перемычки, батарея и зажим для ее подключения. Поэтому в дальнейшем для упрощения они не включены в списки компонентов.

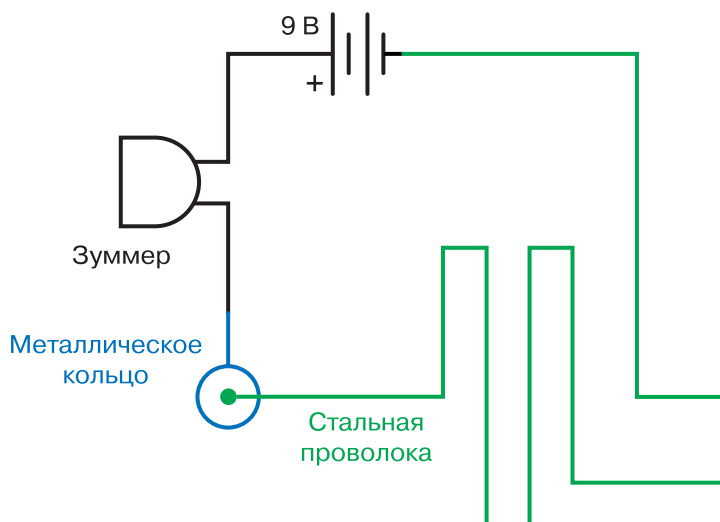
Проекты, предлагаемые в данной книге, расположены в порядке возрастания сложности. Трудность — в сборке. Основная задача сборки схемы — оптимально расположить компоненты на плате, чтобы обойтись как можно меньшим количеством проводов и чтобы они не тянулись от одного края платы до другого, затрудняя сборку. Некоторые схемы собрать довольно сложно, не пройдя предыдущие. Главное — не сдаваться!

Игра «Твердая рука»

Эта схема подает звуковой сигнал зуммера, если кольцо коснулось проволоки.



Принципиальная схема



Список компонентов

Компонент	Описание
Зуммер	Зуммер, работающий от батареи на 9 В
Стальная проволока	Твердая неизолированная проволока, например, от вешалки для одежды
Металлическое кольцо	Неизолированное металлическое кольцо, например, от консервной банки
Старая авторучка	Корпус старой авторучки для крепления кольца
Липкая лента	Подойдет любая, но лучше изолента

Описание проекта

Возможно, в детстве вы играли в игру «Операция», в которой требовалось удалить при помощи пинцета пораженный участок тела пациента (например, пораженный уча-

сток мозга или неработающий в результате травмы орган). При касании неверного участка раздавался звуковой сигнал, а нос пациента подсвечивался.

Схема, описанная в этом проекте, работает аналогично, но цель другая — провести кольцо вдоль проволоки так, чтобы оно не коснулось трека — стальной проволоки. Если кольцо коснется проволоки и зазвучит зуммер, то игре конец и вы проиграли. Если же вам удастся провести кольцо до конца проволоки — вы победитель!

Схема работает так же, как и любая другая электрическая схема, — должна получиться замкнутая внешняя цепь между полюсами источника питания, по которой при этом потечет электрический ток. Пока вы не коснулись кольцом проволоки, цепь не замкнута и ничего не происходит. Если касание произошло, цепь замыкается и раздается звуковой сигнал.

Подключение зуммера к батарее

Сама по себе сборка очень проста: требуется подключить зуммер и батарею (черный участок принципиальной схемы) к макетной плате. Позаботимся, чтобы вывод зуммера, расположенный около значка плюс (+), был подключен к положительному полюсу батареи. Кроме того, помним, что красный провод зажима батареи подключается к ее положительному полюсу.

Теперь подсоединим два свободных провода-перемычки (желтые на **рис. 1.1**): один — к минусу зуммера, другой — к минусовой шине питания (см. **рис. 1.1**).

Осталось изготовить игровой трек и встроить его в схему.

Изготовление игрового трека

Для изготовления трека возьмите стальную проволоку от вешалки для одежды и придайте ей форму, какую хоти-

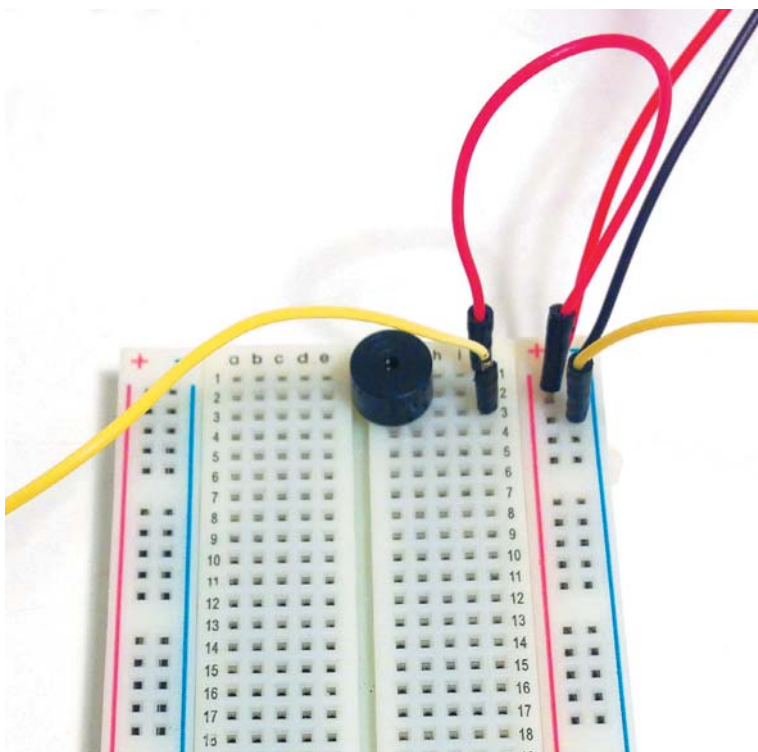


Рис. 1.1. Подключение зуммера к источнику питания

те. Промотайте изолентой свободный конец желтого провода, идущего от минусовой шины, к концу своего трека (**рис. 1.2**). Убедитесь в их хорошем контакте между собой. Подойдет любая клейкая лента, но мне нравится изолента — она лучше прилипает к металлу.



Рис. 1.2. Соединение игрового трека с проводом

Подключение кольца к макетной плате

В качестве металлического кольца можно взять хотя бы кольцо от консервной банки (**рис. 1.3**).



Рис. 1.3. Для перемещения вдоль трека подойдет кольцо от консервной банки

Прикрепим изолентой кольцо и свободный конец провода от минусового контакта зуммера к корпусу старой авторучки (**рис. 1.4**). Убедимся, что между кольцом и проводом хороший контакт. Когда кольцо прикреплено к корпусу авторучки, удобнее его держать.

Ура, схема готова! Теперь проверим, насколько тверда ваша рука.



Рис. 1.4. Крепление кольца на корпусе авторучки

Самые частые ошибки

Если схема не работает, проверьте, не допущены ли следующие ошибки:

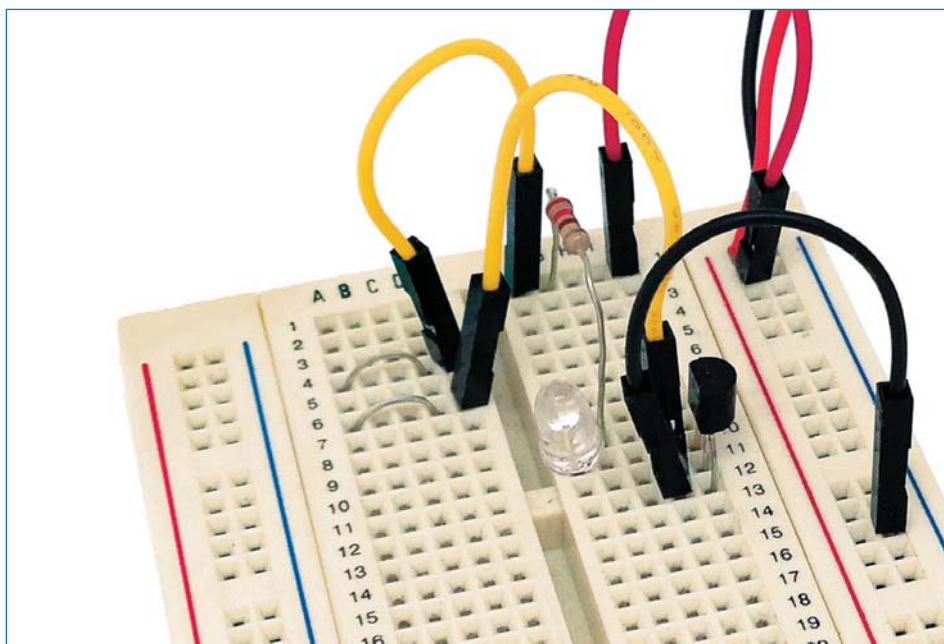
- плохой контакт между проводом и треком;
- плохой контакт между проводом и кольцом;
- неправильное подключение зуммера.

Бесшумный вариант игры

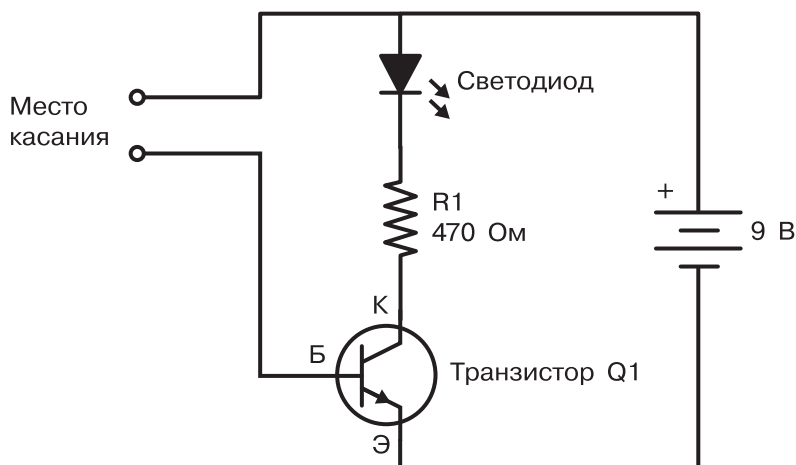
Если вы хотите играть без звука, чтобы не мешать окружающим, вместо зуммера поставьте светодиод. Просто замените одно на другое. Не забудьте подключить резистор последовательно со светодиодом (как в первой собранной нами схеме), иначе светодиод может выйти из строя.

Световая сигнализация при касании

Светодиод загорается, когда вы касаетесь контактной площадки из двух неизолированных проводников



Принципиальная схема



Список компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
R1	470 Ом	Стандартный резистор
Светодиод	Красный/желтый/зеленый	Стандартный светоизлучающий диод
Q1	BC547	<i>nnp</i> -транзистор общего назначения

Что это за штука — транзистор?

В этом проекте используется транзистор или, точнее, *nnp*-транзистор. У него три вывода:

- 1) верхний — коллектор (К);
- 2) средний — база (Б);
- 3) нижний — эмиттер (Э).

Пока не будем задумываться о значении этих терминов, будем воспринимать их как маркировку. Повернем транзистор надписью на корпусе к себе и сопоставим его выводы с изображением на **рис. 2.1**.

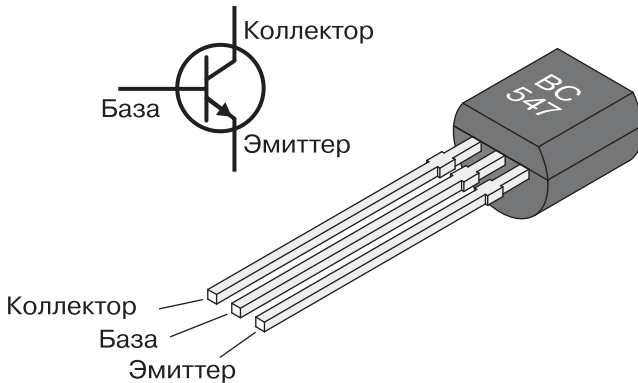


Рис. 2.1. Расположение выводов *npn*-транзистора

ПРИМЕЧАНИЕ

Сразу предупреждаю, что не у всех производителей выводы транзистора расположены именно так, как здесь. Поэтому надежней всего ознакомиться с документацией, или *технической спецификацией*, на свой транзистор.

Описание проекта

В этой главе мы соберем датчик касания, чувствительным элементом которого является контактная площадка из двух неизолированных проводников. С помощью транзистора мы можем обнаружить, что кто-то коснулся чувствительного элемента и включил светодиод. Когда кто-нибудь касается чувствительного элемента, то своими пальцами, имеющими достаточно высокое сопротивление,

соединяет базу транзистора с плюсом батареи. В результате замыкается внешняя электрическая цепь между плюсом и минусом и начинает протекать слабый ток от базы к эмиттеру.

Ток слабый, потому что человеческая кожа — плохой проводник и имеет высокое сопротивление. Этого тока недостаточно для зажигания светодиода. Усилить ток нам поможет транзистор. Слабый ток, протекающий от базы к эмиттеру, «открывает» транзистор, и от коллектора к эмиттеру начинает протекать ток большей величины, то есть транзистор усиливает ток! Ток протекает через резистор и светодиод только при *открытом* транзисторе.

При отсутствии касания к датчику база с левой стороны ни к чему не подключена (висит), поэтому ток не протекает и светодиод не загорается.

Таким образом, с помощью транзистора мы можем обнаружить, что кто-то коснулся чувствительного элемента и включил светодиод.

Для изготовления контактной площадки датчика отрежем по кусочку от каждой ножки светодиода и согнем их, как показано на **рис. 2.2**. Вставим концы получившихся дужек в 1-е и 4-е отверстия ряда, отдельного для каждой



Рис. 2.2. Мастерим дужки для контактной площадки

дужки. Одно отверстие, 5-е, оставим свободным для подключения датчика к схеме. Здесь нам поможет рисунок готового датчика касания, расположенный в самом начале проекта.

ВНИМАНИЕ!

Не замыкайте металлические дужки датчика между собой напрямую при подключенной батарее, так как от базы к эмиттеру в этом случае потечет слишком большой ток и транзистор выйдет из строя.

Самые частые ошибки

Если схема не работает, возможно, вы допустили одну из следующих ошибок:

- перепутали выводы транзистора;
- вывели транзистор из строя, напрямую замкнув металлические дужки датчика;
- перепутали полярность светодиода;
- у вас слишком сухие пальцы; попробуйте их немного увлажнить (влажная кожа имеет меньшее сопротивление, соответственно и ток будет больше).

Как работает схема

Чтобы по схеме протекал ток, необходимо замкнуть внешнюю цепь между плюсом и минусом источника питания. Если цепь не замкнута, по ней не протекает ток, и светодиод не загорается. Когда транзистор открывается, ток начинает протекать от коллектора к эмиттеру.

Итак, чтобы открыть транзистор, нам необходимо обеспечить протекание тока из базы в эмиттер, в результа-

те чего от коллектора к эмиттеру потечет ток. Величина тока между коллектором и эмиттером зависит от величины тока база—эмиттер.

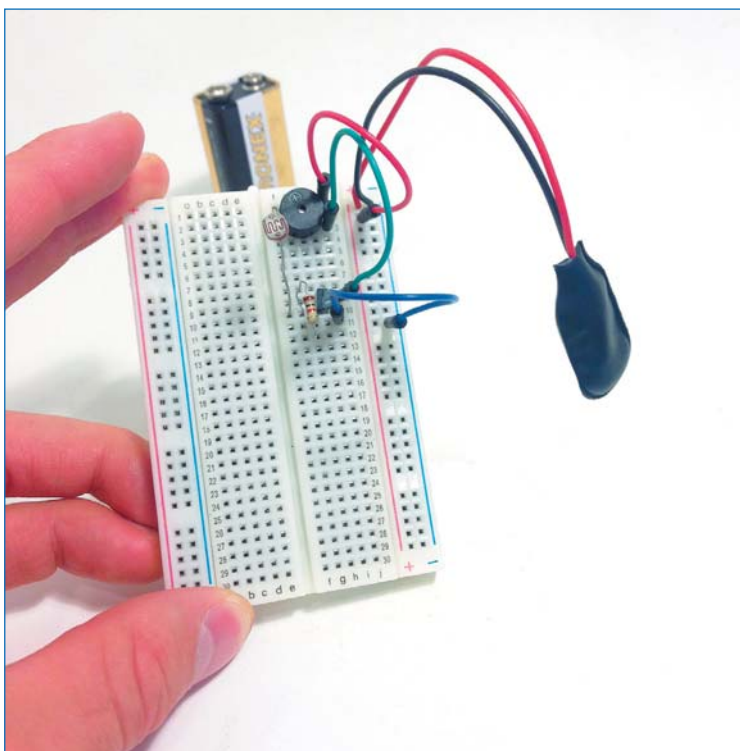
Соотношение токов база—эмиттер и коллектор—эмиттер определяется *коэффициентом усиления транзистора по току* h_{fe} или β (бета). У транзистора общего назначения, который мы взяли для нашего проекта, он равен примерно 100, значит, ток коллектор—эмиттер в 100 раз больше тока база—эмиттер.

При отсутствии касания база с левой стороны ни к чему не подключена и ток база—эмиттер не протекает. Транзистор закрыт, ток через резистор и светодиод отсутствует.

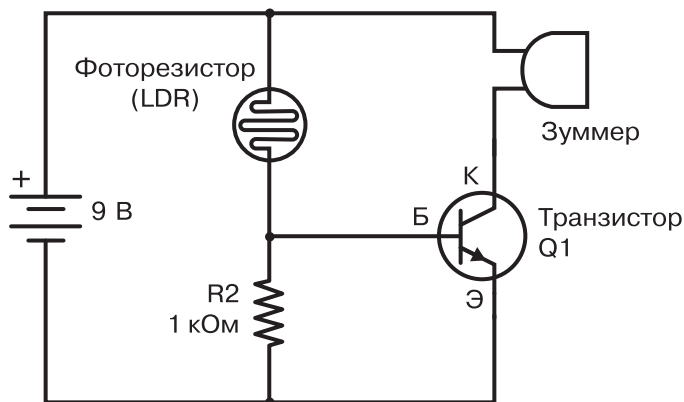
При касании датчика ваш палец действует как резистор — он соединяет плюс батареи и базу транзистора. От базы к эмиттеру начинает протекать слабый ток, что приводит к протеканию от коллектора к эмиттеру тока большей величины. Этот ток протекает через светодиод, и тот загорается.

Звуковая охранная сигнализация для банки с печеньем

Схема подает звуковой сигнал при освещении ее светочувствительного компонента.



Принципиальная схема



Список компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
Фоторезистор	200 кОм	Резистор со светозависимым сопротивлением: на свету 5–10 кОм; в темноте 200 кОм и более
Q1	BC547	Любой <i>nnp</i> -транзистор общего назначения
R2	1 кОм	Стандартный резистор
Зуммер		Активный зуммер, работающий от батареи на 9 В

Описание проекта

Вам хотелось бы защитить от воришек свою банку с печеньем или отвадить любопытных от вторжения в ящик с вашими сокровищами? Тогда это устройство вам пригодится.

Ваш сторож ведет себя тихо, пока находится в темноте, потому что банка закрыта. Но как только банку откроют и на него попадет свет, устройство начнет издавать громкий звуковой сигнал. Это, скорее всего, отпугнет злоумышленника.

В схеме мы будем использовать фоторезистор (light-dependent resistor, LDR) — резистор, сопротивление которого зависит от уровня освещенности. Чем ярче свет, тем ниже сопротивление фоторезистора.

Фоторезистор и резистор R2 образуют *делитель напряжения*, который управляет входным напряжением на базе транзистора, открывая или закрывая его в зависимости от освещенности.

Готовое устройство можно поместить в банку с печеньем или в ящик с сокровищами.

Самые частые ошибки

Если ваше устройство отказывается работать правильно, это может быть по одной из следующих причин:

- сопротивление R2 слишком велико или слишком мало; загляните в таблицу цветовой маркировки транзисторов в конце книги — она поможет вам прочитать цветовой код вашего резистора;
- неправильное подключение транзистора; вернитесь к проекту 2 и посмотрите, как нужно подключать *pnp*-транзистор.

Для уменьшения световой чувствительности устройства следует уменьшать сопротивление R2, а для увеличения, наоборот, увеличивать.

Как работает схема

Зуммер срабатывает только при прохождении через него электрического тока, то есть когда замкнута внешняя

цепь между полюсами источника питания. Иными словами, схема сработает, только если транзистор открыт и ток протекает от плюса к минусу батареи через зуммер, затем от коллектора транзистора к его эмиттеру.

Как вы уже знаете из проекта 2, чтобы транзистор открылся, от базы к эмиттеру должен протекать ток. Это возможно, если напряжение на участке база–эмиттер составляет примерно 0,7 В. При меньшем напряжении ток от базы к эмиттеру не протекает и транзистор закрыт.

Фоторезистор и R2 вместе образуют делитель напряжения. На **рис 3.1** через R1 обозначено сопротивление фоторезистора. Как мы видим, напряжение между базой и эмиттером равно напряжению на резисторе R2.

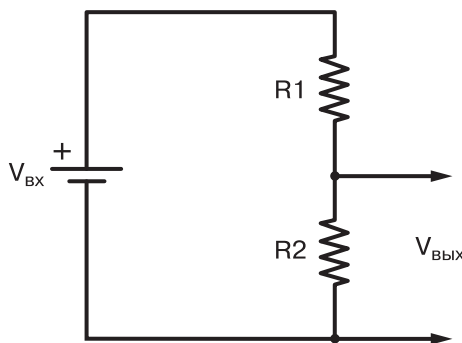


Рис. 3.1. Делитель напряжения

Напряжение на выходе делителя можно рассчитать по формуле:

$$V_{\text{ВЫХ}} = V_{\text{ВХ}} \cdot \frac{R2}{R1 + R2}.$$

При отсутствии освещения сопротивление фоторезистора равно примерно 200 кОм, а R2 всегда равно 1 кОм. Поскольку схема питается от батареи на 9 В, то $V_{\text{ВХ}} = 9$ В. Подставляем в формулу эти значения:

$$V_{\text{ВЫХ}} = 9 \cdot \frac{1000}{200\,000 + 1000}.$$

После вычисления получаем $V_{\text{вых}} = 0,04$ В. Этого слишком мало для открытия транзистора.

При наличии освещения сопротивление фоторезистора равно примерно 10 кОм. Подставляем это значение в формулу:

$$V_{\text{вых}} = 9 \cdot \frac{1000}{10\,000 + 1000}.$$

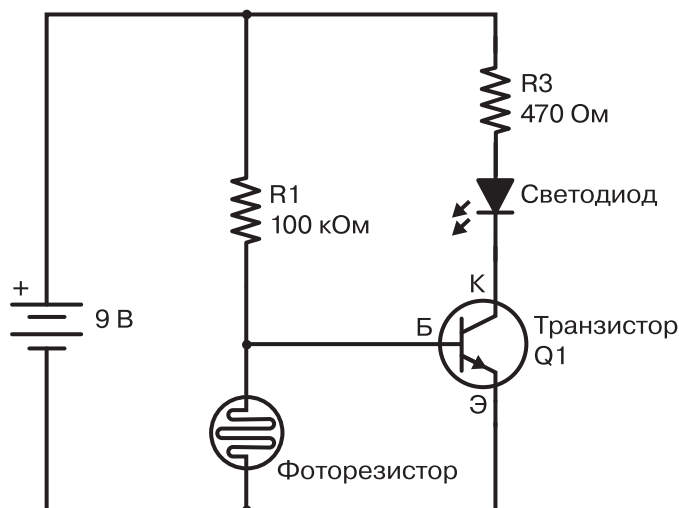
После вычисления получаем $V_{\text{вых}} = 0,8$ В. Это значение выше тех 0,7 В, при которых транзистор открывается. Таким образом, ток протекает через зуммер, коллектор и эмиттер и раздается сигнал тревоги!

Ночник

Устройство представляет собой светильник, который включается при наступлении темноты.



Принципиальная схема



Список компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
Фоторезистор (LDR)	Примерно от 10 до 200 кОм	Резистор со светозависимым сопротивлением: на свету 5–10 кОм; в темноте 200 кОм и более
Транзистор Q1	BC547	Любой <i>pnp</i> -транзистор общего назначения
R1	100 кОм	Стандартный резистор
R3	470 Ом	Стандартный резистор
Светодиод		Стандартный светоизлучающий диод

Описание проекта

В этом проекте светодиод включается с наступлением темноты. Днем он выключен, а в темное время суток горящий

светодиод поможет найти, например, замочную скважину или стакан с водой на прикроватной тумбочке.

Схема похожа на схему, которую мы собирали в проекте 3, но здесь транзистор управляет светодиодом, а не зуммером. Не забудем подключить резистор последовательно со светодиодом, чтобы ограничить силу тока.

Кроме того, фоторезистор и резистор R1, образующие делитель напряжения, здесь поменялись местами. В проекте 3 фоторезистор был верхним резистором в делителе, и когда сопротивление фоторезистора было низким (в освещенном состоянии), транзистор открывался. Здесь же фоторезистор занимает нижнее положение в делителе, и транзистор открывается при высоком сопротивлении фоторезистора, то есть в темноте.

Самые частые ошибки

Схема может работать неправильно по следующим причинам:

- сопротивление R1 слишком велико, поэтому светодиод не может загореться. Но, изменяя сопротивление R1, помните, что его сопротивление не должно быть меньше 1 кОм (см. следующий раздел «Как работает схема»);
- сопротивление R1 слишком мало, поэтому светодиод всегда горит;
- слишком велико или слишком мало сопротивление R3;
- неправильно подключен транзистор;
- неправильно подключен светодиод.

Светочувствительность схемы мы можем регулировать; однако, меняя сопротивление R1, будем помнить, что оно не должно быть меньше 1 кОм (иначе транзистор может выйти из строя).

Как работает схема

Как и в предыдущем проекте, фоторезистор и резистор R1 образуют делитель напряжения. Однако теперь фоторезистор занимает нижнее положение в делителе — между базой транзистора и минусом батареи. В силу этого схема работает прямо противоположным образом по сравнению со схемой из предыдущего проекта. В схеме ночника при отсутствии освещения фоторезистор имеет высокое сопротивление, в результате на базу транзистора подается напряжение, достаточное для включения транзистора (**рис. 4.1**). Таким образом, в темноте транзистор открыт и ночник светится.

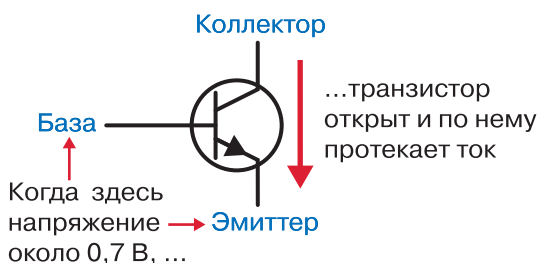


Рис. 4.1. Величина тока от базы к эмиттеру определяет величину тока от коллектора к эмиттеру

В этом проекте я поставил фоторезистор, который *при освещении* имеет сопротивление от 5 до 10 кОм. Если сопротивление резистора R1 составляет 100 кОм, светодиод загорается при сопротивлении фоторезистора примерно 10 кОм.

Кстати, сопротивление R1 отвечает за максимальную яркость светодиода. Это потому, что R1 определяет силу тока, протекающего через базу, а значит, и силу тока, протекающего через коллектор.

Для транзистора общего назначения, который работает в нашей схеме, ток коллектор—эмиттер примерно в 100 раз больше тока база—эмиттер. То есть при силе

тока база—эмиттер 0,1 мА сила тока коллектор—эмиттер составит 10 мА. Такой ток потечет и через светодиод.

Ток, протекающий через базу, сначала проходит через резистор R1. Однако не весь ток после R1 протекает потом и через базу — какая-то его часть ответвляется на фоторезистор. Но если учесть, что в темноте сопротивление фоторезистора достаточно велико и ток, протекающий через него, невелик, то им можно пренебречь и считать, что весь ток попадает в базу.

Определим силу тока через R1. Это легко: просто поделим напряжение на резисторе на его сопротивление:

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

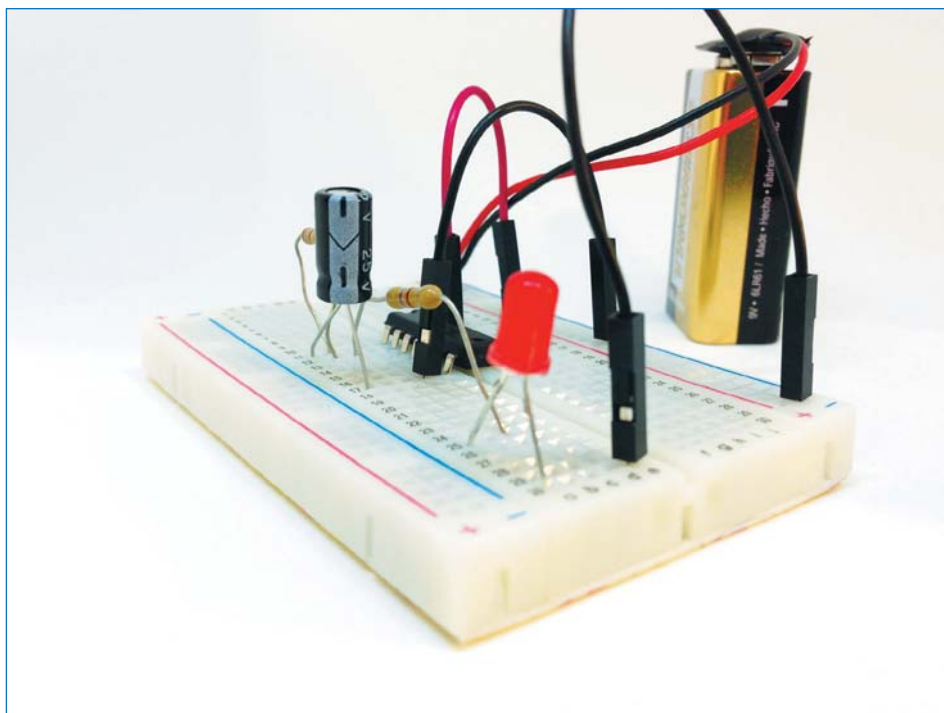
Это закон Ома, описывающий связь напряжения, сопротивления и тока.

Определить напряжение на верхнем выводе резистора R1 также легко. Оно составляет 9 В, так как этот вывод подключен к плюсу батареи. А что можно сказать о напряжении на нижнем выводе R1? Поскольку нам необходимо знать максимальный ток, который проходит через транзистор, следует выяснить, при каком токе транзистор открывается. Мы уже знаем, что, когда транзистор открыт, напряжение на его базе относительно эмиттера примерно 0,7 В.

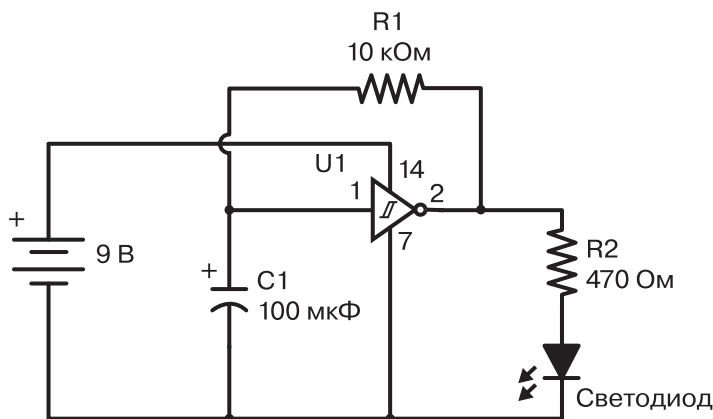
Итак, с одной стороны R1 мы имеем напряжение 9 В, а с другой — 0,7 В. Значит, падение напряжения на резисторе R1 составляет 8,3 В. Применяя закон Ома, делим 8,3 В на 100 000 Ом (100 кОм) и получаем 0,000083 А (или 0,083 мА). Поскольку максимальный ток, протекающий через эмиттер, коллектор и светодиод, в 100 раз больше, то он составляет 8,3 мА. Как видим, R1 справляется с задачей ограничения тока, протекающего через светодиод, поэтому резистор R3, который тоже защищает светодиод, можно убрать из схемы.

Мигающий светодиод

Эта схема заставляет светодиод мигать.



Принципиальная схема



Список компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
U1	ИС 74C14	Сборка из шести инверторов на триггерах Шмитта
C1	100 мкФ	Полярный конденсатор
R1	10 кОм	Стандартный резистор
R2	470 Ом	Стандартный резистор
Светодиод		Стандартный светоизлучающий диод

Описание проекта

Я, буквально как ребенок, испытывал жгучее желание узнать, как сделать мигающий свет. Оказалось, что добиться мигания можно разными способами. Для этого проекта я выбрал самый простой, хотя бы потому что он требует минимума комплектующих. Нам потребуется всего пять компонентов, включая резистор и светодиод.

Схема построена на *инверторе* — устройстве, которое на выходе имеет напряжение, противоположное входному: если на вход инвертора подается *высокое* напряжение, то на его выходе получается *низкое*, и наоборот. Под высоким понимается напряжение, близкое к напряжению источника питания (9 В), а под низким — близкое к нулю (0 В).

Выход инвертора U1 подключен к его же входу через резистор, что и приводит к колебаниям напряжения от низкого до высокого. Когда на вход подается высокое напряжение, на выходе получаем низкое, которое снова подается на вход, и так далее.

Чтобы мы могли разглядеть мигание светодиода, требуется снизить частоту колебаний. Для этого на входе инвертора поставим конденсатор. Конденсатор C1 попеременно накапливает и отдает заряд, в результате чего увеличивается время изменения напряжения на входе от низкого до высокого и обратно. Резистор R1 регулирует ток заряда и разряда конденсатора. Таким образом, номиналы C1 и R1 определяют частоту колебаний.

В нашей схеме используется инвертор на триггерах Шмитта — интегральная схема 74C14. У этой микросхемы порог переключения с высокого напряжения на низкое отличается от порога переключения с низкого напряжения на высокое. Это дает гарантию, что инвертор не застрянет в промежуточном состоянии между высоким и низким.

Конструктивно наш инвертор на ИС 74C14 — это микросхема, имеющая 14 выводов, чип со своей собственной внутренней схемой. Число напротив каждого вывода —

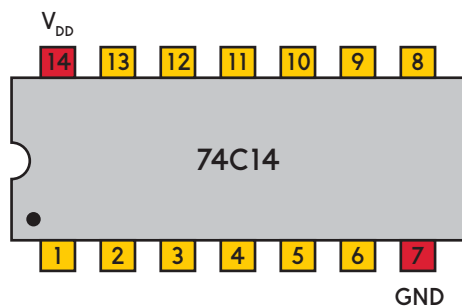


Рис 5.1. Расположение выводов инвертора на триггерах Шмитта

это его номер; расположение выводов инвертора показано на **рис. 5.1**.

На макетной плате нашу микросхему разместим симметрично в двух компонентных зонах над канавкой (**рис. 5.2**).

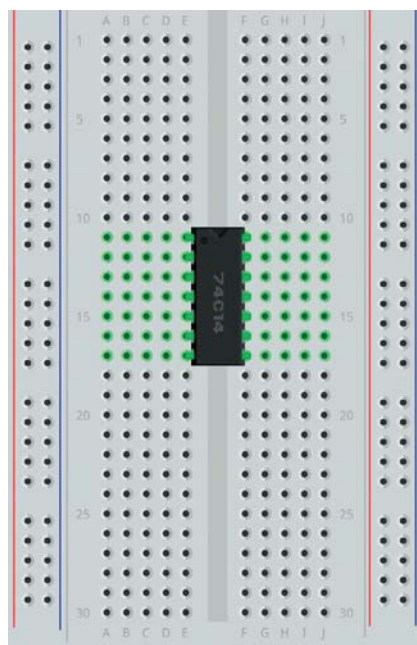


Рис. 5.2. Монтаж инвертора на макетной плате

Таким образом, слева от канавки окажутся выводы с первого по седьмой, а справа — с восьмого по четырнадцатый. Вывод 1 помечен кружком на углу корпуса или выемкой непосредственно на выводе.

Самые частые ошибки

Схема может не заработать по следующим причинам:

- V_{DD} (вывод 14) не подключен к плюсу батареи;
- GND (вывод 7) не подключен к минусу батареи;

- неправильно определено расположение выводов ИС;
- не соблюдена полярность при подключении светодиода.

Частоту мигания можно уменьшить одним из трех способов:

- 1) увеличить емкость конденсатора $C1$;
- 2) увеличить сопротивление резистора $R1$;
- 3) увеличить и то и другое.

Для увеличения частоты мигания, как вы уже догадались, нужно уменьшить номиналы $C1$ и $R1$.

Как работает схема

Инвертор — это устройство, инвертирующее («опрокидывающее») входной сигнал. То есть слабый сигнал на входе трансформируется в сильный сигнал на выходе, и наоборот. Простейший инвертор можно построить на основе транзистора и пары резисторов (**рис. 5.3**).

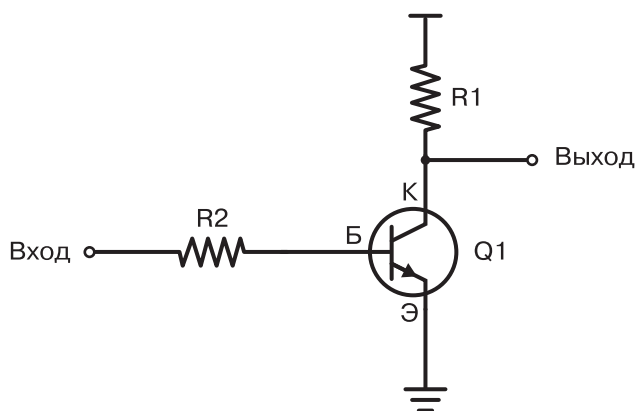


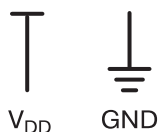
Рис 5.3. Инвертор на основе транзистора

Если мы подадим на вход схемы (см. рис. 5.3) сигнал низкого уровня (0 В), транзистор останется закрытым или

закроется, если был открыт. Если же мы подадим на вход сигнал высокого уровня (9 В), транзистор откроется.

Упрощение изображения схем с помощью символов V_{DD} и GND

Символы, расположенные сверху и внизу схемы на рис. 5.3, являются общепринятыми для всех принципиальных электрических схем. Эти символы используются для упрощения изображения схем — позволяют опустить изображение непосредственно источника питания.



В нашей книге на всех схемах, в которых источником питания служит батарея, V_{DD} — точка подключения ее плюса, а GND — минуса.

Когда транзистор закрыт, можно мысленно представить, что между коллектором и эмиттером включено очень высокое сопротивление (R_t на **рис. 5.4**). А когда транзистор открыт, его можно представить как резистор с нулевым сопротивлением. Возможно, вам будет проще это понять, если, не обращая внимания на входную часть схемы, рассматривать только ее выходную часть (см. рис. 5.4). Вы наверняка уже заметили, что это делитель напряжения.

В проекте 3 есть формула, по которой мы вычисляли напряжение на выходе делителя напряжения. Перепишем ее для R_1 и R_t на рис. 5.4:

$$V_{\text{вых}} = V_{\text{вх}} \cdot \frac{R_t}{R_1 + R_t}.$$

При *высоком* уровне входного сигнала транзистор открыт и его можно считать обычным проводником, то есть

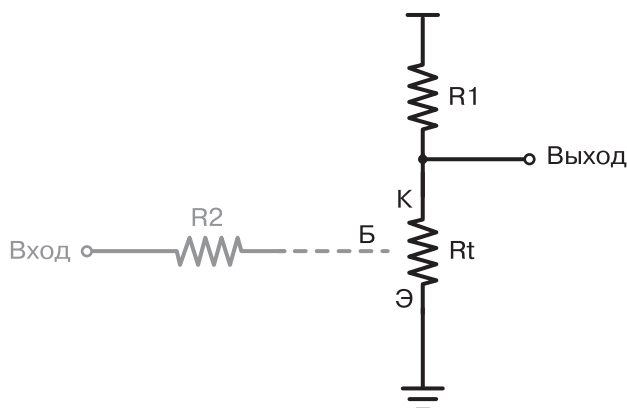


Рис. 5.4. В закрытом состоянии транзистор превращается в простой резистор с очень большим сопротивлением

$R_t = 0$. Если подставить значение $R_t = 0$ в формулу, то увидим, что в этом случае величина сопротивления R_1 не имеет значения — на выходе мы все равно получаем нулевой (или низкий) уровень сигнала.

При *низком* уровне входного сигнала транзистор можно рассматривать как резистор R_t с очень большим сопротивлением, скажем, в миллиарды ом. Обычно $R_1 = 1000$ Ом, поэтому, если подставим в формулу этот миллиард ом вместо R_t и $V_{\text{вх}} = 9$ В, то получим на выходе 9 В — *высокий* уровень сигнала.

Инвертор на триггерах Шмитта работает аналогично, но в его интегральную схему встроены дополнительные компоненты, чтобы схема переключалась с высокого уровня на низкий и с низкого на высокий при разных значениях входного напряжения.

Интегральная схема 74С14, которую мы применяем в нашем проекте, содержит в себе шесть инверторов, поэтому у нее так много выводов. Расположение выводов и встроенные инверторы изображены на **рис. 5.5**.

Интегральные микросхемы типа 74С14 имеют очень маленькие размеры и занимают гораздо меньше места, чем схемы, собранные из отдельных компонентов.

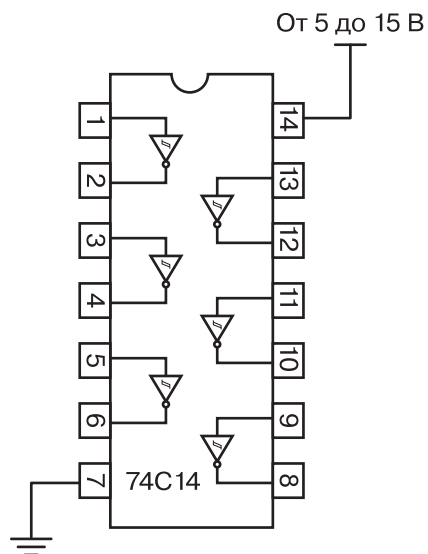
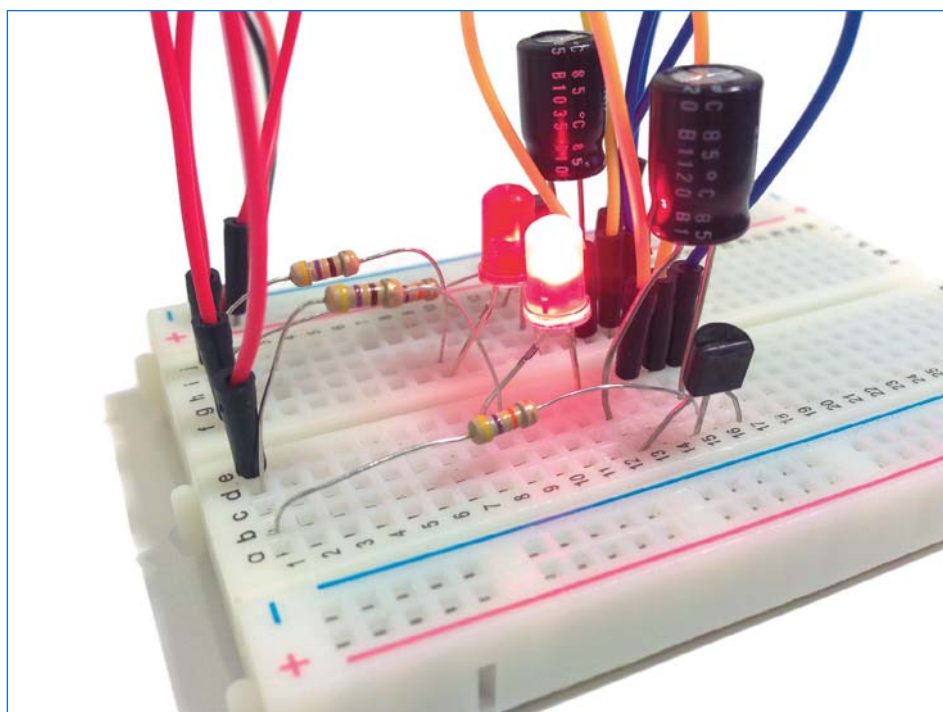


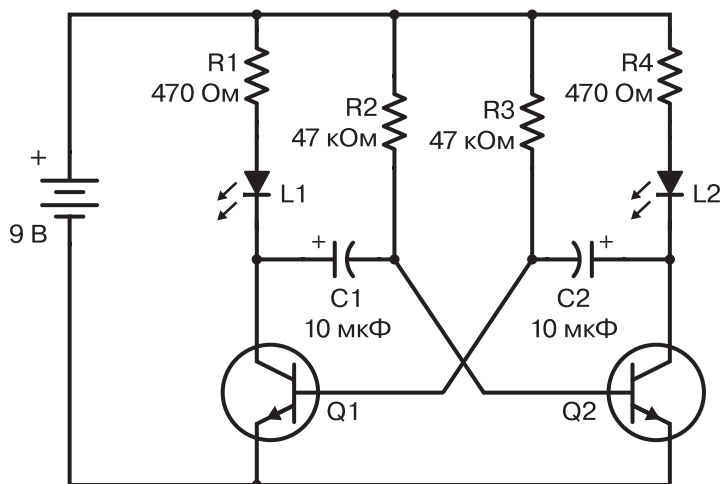
Рис. 5.5. Микросхема 74C14 содержит в себе шесть инверторов

Светофор на железнодорожном переезде

Эта схема включает светодиоды попеременно.



Принципиальная схема



Список компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
R1, R4	470 Ом	Стандартный резистор
R2, R3	47 кОм	Стандартный резистор
Q1, Q2	BC547	Любой <i>npn</i> -транзистор общего назначения
C1, C2	10 мкФ	Полярный конденсатор
L1, L2		Стандартный светодиод

Описание проекта

Цель проекта — включать два светодиода попеременно. Схему можно использовать, например, для управления светофором на переезде в модели железной дороги или для подсветки глаз игрушечного робота.

Это классическая схема несинхронизированного мультивибратора. В проекте 5 мигание светодиода обеспечивалось инвертором, который последовательно включал и выключал светодиод. *Несинхронизированный мультивибратор* — это устройство, в состав которого входят два транзистора, которые поочередно открывают и закрывают друг друга. Чтобы понять, как работает схема, необходимо разбираться в основах электроники, особенно в том, как изменяется напряжение в схемах, имеющих конденсаторы в своем составе.

Самые частые ошибки

В этой схеме много соединений, поэтому упустить что-либо достаточно легко. Я постоянно ошибаюсь при ее сборке, хотя и собирал уже множество раз. Если ваша схема не работает, возможно, вы допустили одну из следующих ошибок:

- поставили резистор 470 Ом вместо 47 кОм и наоборот;
- неправильно подключили светодиоды;
- перепутали выводы транзистора;
- случайно «закоротили» выводы какого-либо элемента схемы, особенно транзистора;
- неправильно подключили полярные конденсаторы.

Чтобы изменить частоту мигания, попробуйте изменить номиналы конденсаторов (C1 и C2) и резисторов (R2 и R3).

Как работает схема

Если вы уже разбираетесь в основах электроники, особенно в поведении напряжения в схемах, имеющих в своем составе конденсаторы, вам должен быть понятен принцип

работы данной схемы. В схеме на **рис. 6.1** светодиод $L1$, стоящий в левой части схемы, светится, когда открыт левый транзистор $Q1$, а правый светодиод $L2$ светится соответственно при открытом правом транзисторе $Q2$. Транзистор $Q1$ управляется напряжением в точке соединения (узле) $C2$ и $R3$, а транзистор $Q2$ — напряжением в точке соединения (узле) $R2$ и $C1$.

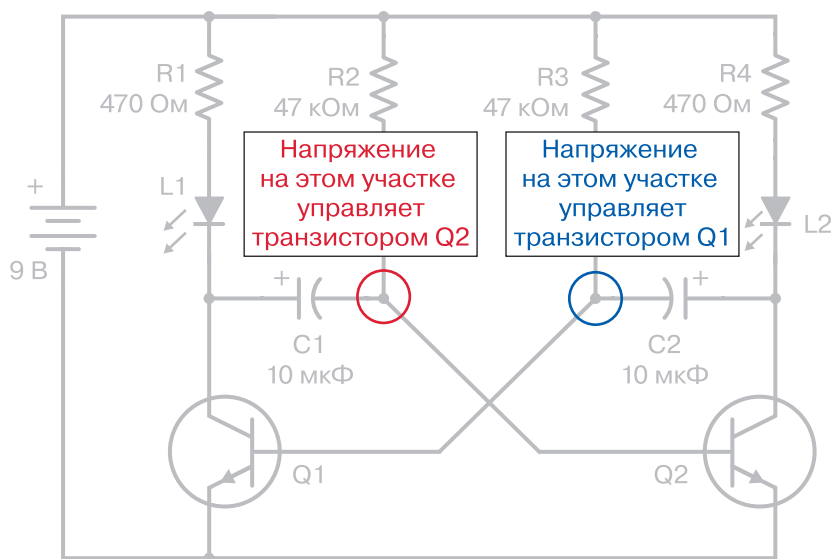


Рис. 6.1. Напряжение в левом узле управляет правым транзистором ($Q2$), и наоборот

Теперь подробно разберемся, как изменяется напряжение на конденсаторах.

Прежде чем погрузиться в чтение последующих разъяснений, запомните две вещи:

1. Напряжение всегда измеряется между двумя точками. Если говорится о напряжении в какой-то точке, то имеется в виду напряжение между этой точкой и минусом источника питания, напряжение на котором принимается равным нулю.

2. По всей книге мы используем транзистор только в качестве выключателя. Чтобы транзистор открылся, напря-

жение на его базе (средний вывод) должно быть не менее 0,7 В. При *открытом* транзисторе между верхним выводом (коллектором) и нижним выводом (эмиттером) протекает ток, то есть цепь между ними замкнута. Это также означает, что напряжение на верхнем выводе почти равно напряжению на нижнем. При *закрытом* транзисторе ток не протекает и цепь между верхним и нижним выводом разомкнута.

Разберем сначала состояние схемы, когда горит светодиод L1, а L2 выключен. L1 загорается, только когда открывается транзистор Q1. А это происходит, как вы знаете, когда на его базу подано 0,7 В. Поскольку минусовой вывод (далее будем говорить просто «минус») конденсатора C2 соединен с базой Q1, на нем также должно быть 0,7 В.

Плюсовой вывод (далее «плюс») конденсатора C2 подключен к плюсу батареи, то есть через R4 и L2 на него подается напряжение 9 В, и он почти мгновенно заряжается примерно до 8 В (часть напряжения теряется на светодиоде L2). «Так, — скажете вы, — если ток протекает через R4 и L2, почему тогда L2 не загорается?» Причина кроется в том, что, когда напряжение на правой обкладке конденсатора возрастает до 8 В, ток больше не протекает через светодиод, и соответственно он не загорается. На **рис. 6.2** показана эта картина изменения напряжения.

Теперь посмотрим, что происходит с напряжениями на транзисторе Q2.

Пока напряжение на его базе меньше 0,7 В, транзистор закрыт. Сюда же подключен минус конденсатора C1, значит, напряжение на нем также меньше 0,7 В. Но минус конденсатора C1 в то же время подключен к плюсу батареи (9 В) через резистор R2, следовательно, конденсатор заряжается и напряжение на нем потихоньку возрастает от уровня менее 0,7 В (**рис. 6.3**).

Когда напряжение на минусовой обкладке C1 достигает 0,7 В, схема начинает срабатывать («опрокидываться»). Напряжение 0,7 В с минуса конденсатора C1 поступает

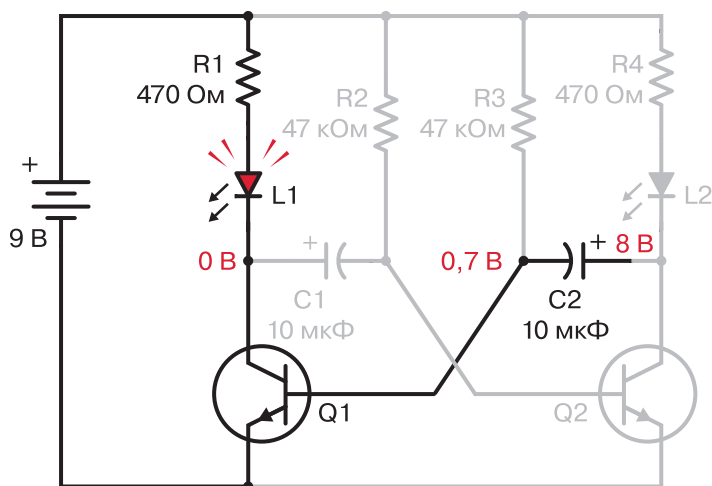


Рис. 6.2. Когда светодиод L1 включен, напряжение на плюсе конденсатора C2 быстро достигает 8 В

на базу транзистора Q2, он открывается, и соответственно загорается светодиод L2.

В этой ситуации, когда открыт транзистор Q2, происходят интересные вещи с напряжениями на конденсаторе C2: согласно рис. 6.2 на минусовую обкладку C2 подано 0,7 В, а на плюсовую 8 В. Нетрудно подсчитать, что напряжение между его обкладками составляет 7,3 В. Но, когда Q2 открывается, напряжение на плюсе конденсатора C2 резко падает до нуля. Однако заряд конденсатора не может измениться мгновенно, следовательно, разность потенциалов между обкладками конденсатора изначально остается прежней: на минусе он остается ниже на 7,3 В, чем на плюсе. Но на плюс C2 подано в данный момент нулевое напряжение, поэтому напряжение на минусе становится на 7,3 В ниже 0, т. е. $-7,3$ В. Это напряжение теперь действует также на базе транзистора Q1. Транзистор Q1, конечно, закрывается (**рис. 6.4**).

Итак, теперь на левой стороне транзистор Q1 закрыт и светодиод L1 выключен, а на правой стороне транзистор Q2 открыт и светодиод L2 светится (см. рис. 6.4). Напряжение на минусе конденсатора C2 изначально составляет

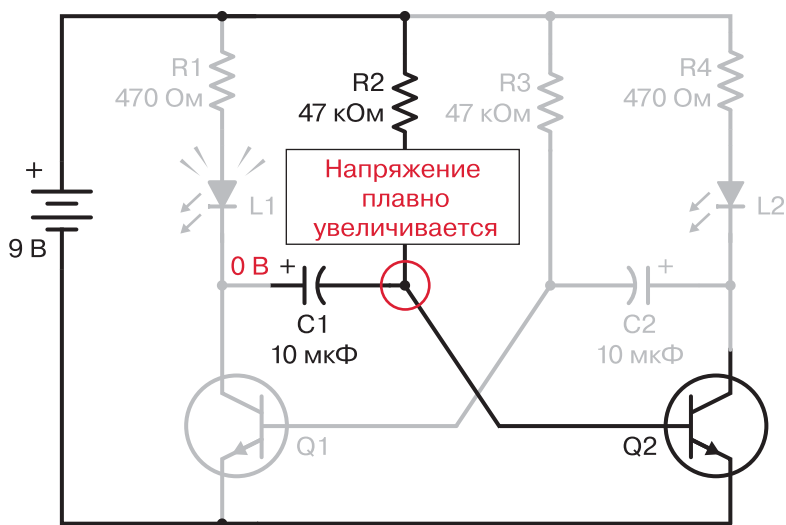


Рис. 6.3. Сначала напряжение на правой обкладке (на минусе) конденсатора C1 меньше 0,7 В, но оно постепенно возрастает при включенном левом светодиоде (L1)

–7,3 В. Но, посмотрите, минусовая обкладка C2 через резистор R3 соединена еще с плюсом батареи, поэтому конденсатор C2 заряжается и напряжение на нем постепенно

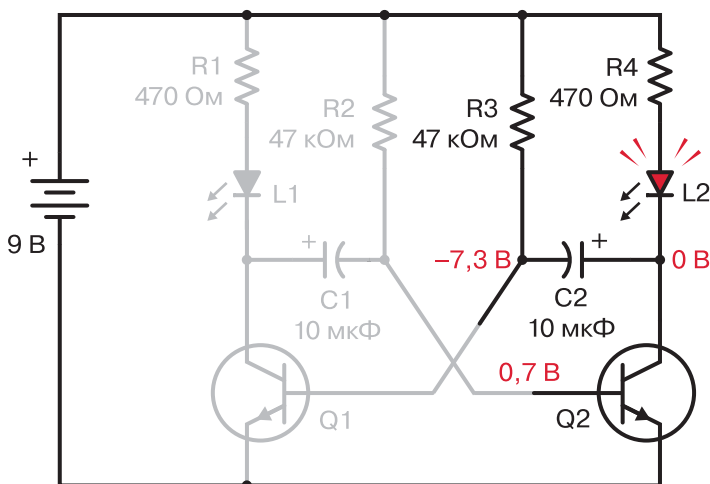
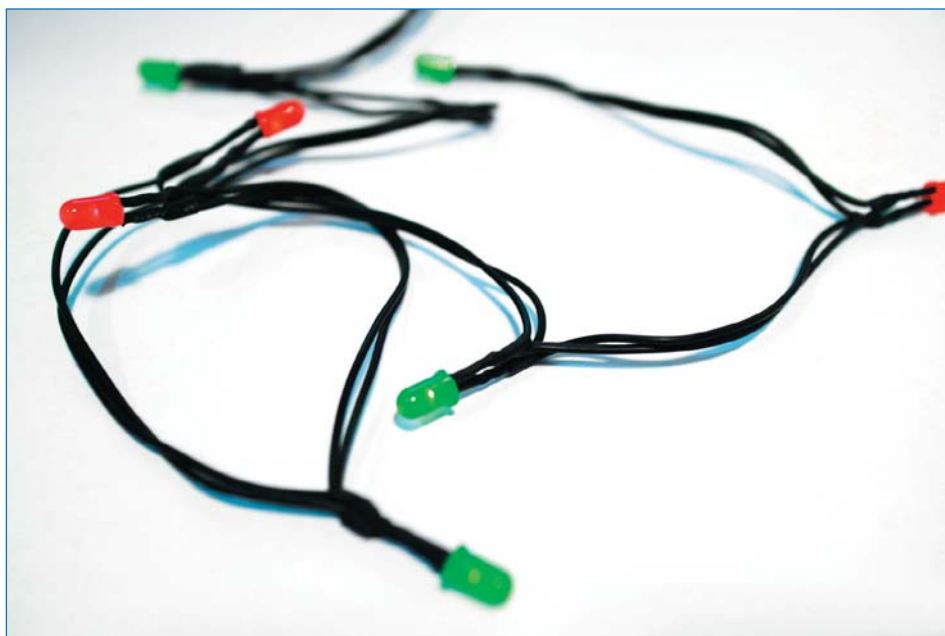


Рис. 6.4. Когда транзистор Q2 открывается, транзистор Q1 закрывается, и левый светодиод L1 гаснет

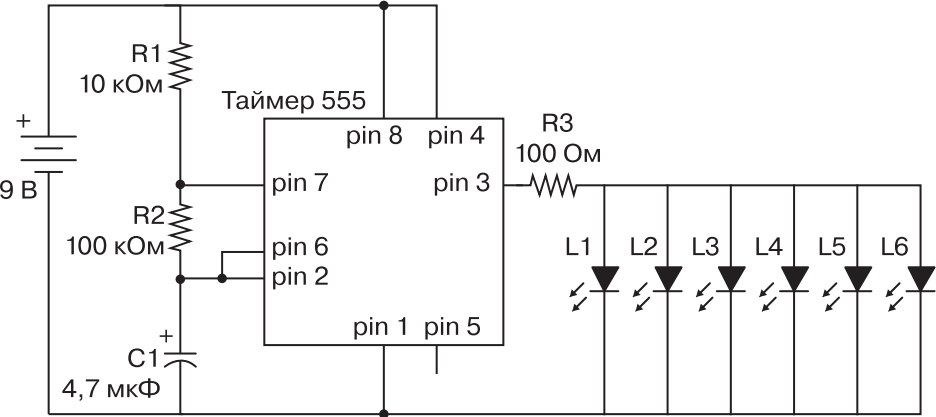
возрастает! Как только оно достигнет 0,7 В, транзистор Q1 снова откроется, и цикл повторится. Транзисторы открываются и закрываются поочередно, также поочередно включая и выключая светодиоды.

Праздничная гирлянда

Это схема мигающей гирлянды из нескольких светодиодов.



Принципиальная схема



Перечень компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
R1	10 кОм	Стандартный резистор
R2	100 кОм	Стандартный резистор
R3	100 Ом	Стандартный резистор
C1	4,7 мкФ	Полярный конденсатор
L1–L6	Красный, желтый или зеленый	Стандартные светодиоды; у всех должно быть примерно одинаковое прямое напряжение Vf ¹
U1	NE555	Интегральная схема «Таймер 555»

Описание проекта

Если вам нужна свежая идея для вечеринки, этот проект для вас. Это так просто заставить несколько светодиодов

¹ Vf (forward voltage drop) — прямое падение напряжения на светодиоде, то есть когда светодиод открыт. — Прим. перев.

мигать одновременно. Если соединить светодиоды в длинную гирлянду, ею можно украсить окно или дерево.

В схеме используется *таймер 555* — стандартная микросхема, которая может попеременно включать и выключать какие-либо устройства. Расположение выводов микросхемы показано на **рис 7.1**.

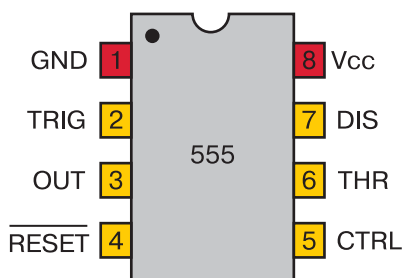


Рис. 7.1. Выводы микросхемы «Таймер 555»

Частота мигания задается резисторами R1 и R2, а также полярным конденсатором C1, а резистор R3 определяет ток, протекающий через светодиоды.

Самые частые ошибки

Если собранная схема не работает, вероятно, была допущена одна из следующих ошибок:

- неправильно подключен один или несколько светодиодов;
- неправильно подключен таймер 555;
- неправильно подключен конденсатор;
- перепутаны номера выводов микросхемы, в результате чего элементы схемы подключены не к тем выводам.

Количество светодиодов в гирлянде мы можем менять, не забывая при этом изменять сопротивление резистора R3. Давайте посчитаем, какое сопротивление должен иметь резистор R3 для гирлянды из пяти светодиодов.

Если для одного светодиода требуется ток 10 мА, то для пяти в 5 раз больше, то есть 50 мА. Воспользуемся законом Ома:

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

Согласно закону Ома, сопротивление равно напряжению на резисторе, деленному на ток, протекающий через него. Для гирлянды из пяти светодиодов:

$$\frac{V_{\text{бат}} - V_{\text{LED}}}{I} = \frac{7 \text{ В}}{50 \text{ мА}} = 140 \text{ Ом}.$$

В нашей схеме 9 В, которые дает батарея, распределяются между резистором R3 и светодиодами. Прямое падение напряжения на светодиодах примерно 2 В, значит, на R3 остается 7 В. Оно нам и нужно. Делим 7 В на 50 мА и получаем сопротивление 140 Ом. Имейте в виду, если захотите удлинить свою гирлянду и добавить светодиоды, то сопротивление резистора R3 нужно уменьшить. И наоборот, при уменьшении количества светодиодов сопротивление R3 требуется увеличить.

Как работает схема

На **рис. 7.2** показана функциональная схема таймера 555, то есть его внутренности. Давайте разберемся в ее работе.

Зеленый прямоугольник с надписью «FLIP-FLOP»¹ — это простое устройство памяти с двумя состояниями выходного сигнала: высокий уровень (flip) и низкий уровень (flop). У него два входа:

- 1) set (S, запуск) — устанавливает на выходе Q напряжение высокого уровня;
- 2) reset (R, сброс) — сбрасывает напряжение на выходе Q на низкий уровень.

¹ «FLIP-FLOP» — это триггер. — *Прим. перев.*

кого уровня, в противном случае — низкого. Если мы посмотрим на вход триггера, то увидим, что его запуск и сброс управляются двумя компараторами. Это означает, что за управление выходом триггера отвечают выводы 2 и 6.

Через вывод 2 («Запуск») на выходе устанавливается напряжение высокого уровня. Когда на вывод 2 подается напряжение, меньшее $1/3 V_{cc}$, компаратор 1 выдает сигнал высокого уровня и запускает триггер, на выходе которого устанавливается напряжение высокого уровня.

Вывод 6 называется «Останов». Когда напряжение на выводе 6 превышает $2/3 V_{cc}$, происходит переключение выхода (вывод 3) на низкий уровень напряжения.

Теперь посмотрим на принципиальную схему этого проекта, помещенную на с. 70. Как видим, здесь выводы 2 и 6 соединены между собой, так что, когда на них действует высокое напряжение, уровень выходного напряжения низкий, и наоборот. Значит, чтобы нам переключать уровень выходного напряжения между высоким и низким, надо переключать напряжение на выводах 2 и 6 с низкого уровня на высокий.

Эту важную функцию выполняет вывод 7. Он называется «Разряд». Внутри микросхемы вывод 7 соединен с коллектором транзистора, а эмиттер этого транзистора соединен с землей (см. рис. 7.2). Транзистор управляется по базе напряжением с выхода $\bar{Q}$ триггера, который противоположен выходному сигналу таймера (с выхода Q). Это означает, что если на выходе микросхемы низкий уровень, на базу транзистора поступает напряжение высокого уровня, и он открывается, соединяя вывод 7 с выводом «Земля». И наоборот, когда транзистор закрыт, вывод 7 отключен.

В момент, когда мы подаем напряжение питания на схему, конденсатор $C1$ практически разряжен. Соответственно напряжение на выводе 2 («Запуск») низкое, а на выводе 3 («Выход») высокое. Это также означает, что вывод 7 внутри микросхемы ни к чему не подключен.

Далее конденсатор C1 начинает заряжаться, будучи подключен к источнику питания через резисторы R1 и R2, и напряжение на его плюсовом выводе начинает расти. На выводе 6 («Останов») напряжение также растет. Когда оно становится достаточно высоким, напряжение на выходе переключается с высокого уровня на низкий, и внутри микросхемы вывод 7 подключается к земляному выводу.

В такой ситуации, когда вывод 7 подключен к земле, конденсатор начинает разряжаться через резистор R2 и вывод 7 на землю (потому вывод 7 и называется «Разряд»). Напряжение на конденсаторе начинает падать и продолжает падать до тех пор, пока напряжение на выводе 2 не становится достаточно низким для переключения. Когда это происходит, выход (вывод 3) переключается с низкого уровня напряжения на высокий, и вывод 7 снова отключается от вывода Ground.

Теперь мы оказались в той же ситуации, с которой начинали, когда конденсатор начинает заряжаться и напряжение на нем растет. Процесс может повторяться бесконечно долго.

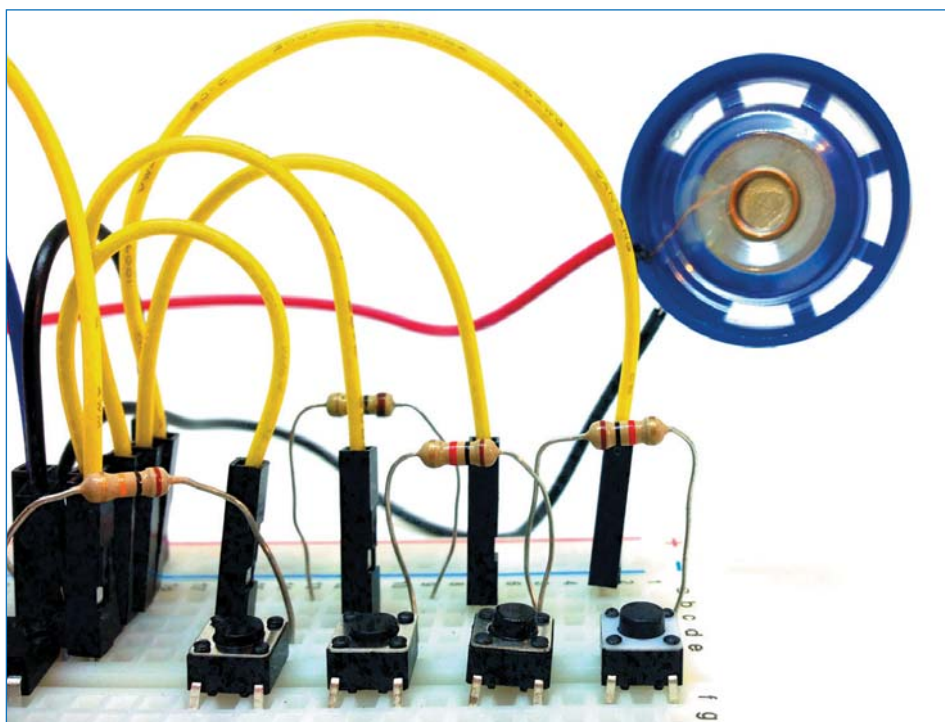
Вот краткое описание выводов микросхемы:

- Вывод 1 — **Земля** (Ground) — подключен к минусу источника питания.
- Вывод 2 — **Запуск** (Trigger) — когда на этот вывод приходит входной сигнал низкого уровня (меньше $1/3 V_{cc}$), напряжение на выводе 3 «Выход» имеет высокий уровень.
- Вывод 3 — **Выход** (Output) микросхемы — напряжение на нем примерно на 1,5 В ниже V_{cc} в случае высокого уровня входного сигнала и находится в районе нуля при низком уровне входного сигнала.
- Вывод 4 — **Сброс** (Reset) — осуществляет перезапуск всей схемы. Это «инвертированный» вывод, то есть перезапуск происходит при низком уровне входного сигнала на нем.

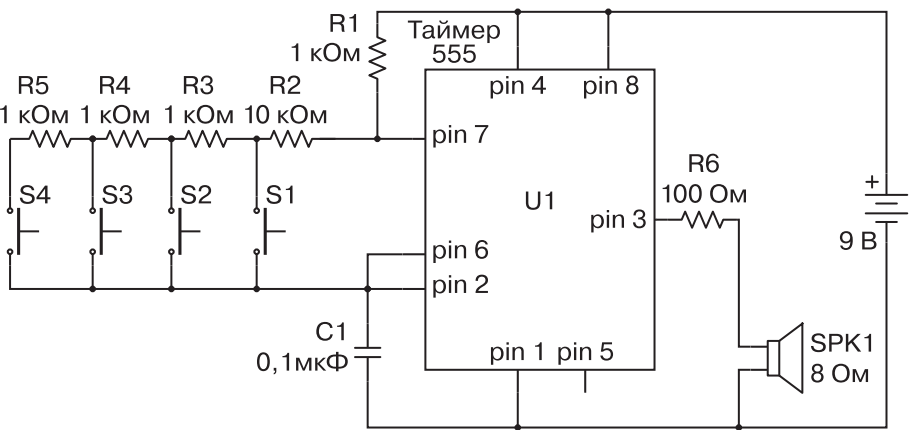
- Вывод 5 — **Контроль** (Control Voltage) — управляет напряжением на выводе 6 «Останов». Можно использовать его, если вы хотите регулировать частоту схемы, не меняя значения номиналов R1, R2 и C1. В случае нашей схемы можно оставить его неподключенным. Иногда можно увидеть этот вывод, подключенным через конденсатор к земле, чтобы исключить влияние на частоту всякого шума на нем.
- Вывод 6 — **Останов** (Threshold) — переключает вывод 3 «Выход» на низкий уровень сигнала, если входное напряжение слишком увеличилось (больше $2/3 V_{cc}$).
- Вывод 7 — **Разряд** (Discharge) — отключен при высоком уровне напряжения на выходе; при низком уровне выходного напряжения подключен к земле.
- Вывод 8 — **Плюс питания** (V_{cc} Supply) — подключается к плюсу источника питания с напряжением от 5 до 15 В.

Электронное пианино

В схеме этого проекта каждой из четырех кнопок соответствует звук определенной тональности.



Принципиальная схема



Перечень компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
R1	1 кОм	Стандартный резистор
R2	10 кОм	Стандартный резистор
R3–R5	1 кОм	Стандартный резистор, 3 шт.
R6	100 Ом	Стандартный резистор
C1	0,1 мкФ	Неполярный конденсатор
U1	NE555	ИС «Таймер 555»
S1–S4	Кнопочные выключатели	Мини-кнопки, 4 шт.
SPK1	8 Ом	Динамик

Описание проекта

В этом проекте мы соберем музыкальный инструмент, каждой из четырех кнопок которого соответствует звук определенной тональности.

Чтобы получить звук, необходимо подать на динамик переменное напряжение. Для этого воспользуемся микросхемой «Таймер 555», которая может генерировать напряжение, быстро включая и выключая его с частотой до нескольких сотен раз в секунду!

Тональность звука определяется номиналами конденсатора $C1$ и резистора $R1$, а также сопротивлением участка цепи, подключенного между выводами 6 и 7. Между кнопками мы разместим резисторы. При нажатии кнопок сопротивление цепи между выводами 6 и 7 будет изменяться, а это будет влиять на частоту звука. Каждой кнопке соответствует своя частота.

Посмотрим на нашу кнопку: она имеет четыре вывода. Если посмотреть на нее, как показано на **рис. 8.1**, два передних вывода всегда соединены между собой. Так же устроена и задняя пара. При нажатии кнопки передняя пара выводов замыкается с задней.



Рис. 8.1. Кнопка имеет четыре вывода

Мне нравится монтировать кнопки на макетной плате над ее канавкой (**рис. 8.2**). При таком размещении кнопок остается достаточно свободного места для резисторов и проводов. Пусть вас не заботит, какой стороной повер-

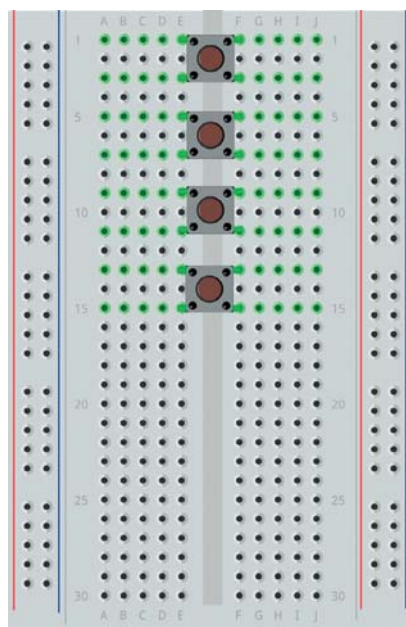


Рис. 8.2. Расположите кнопки над канавкой, чтобы они встали, как мостики

нуть кнопки, все равно их можно установить только одним, правильным, способом.

Для начала попробуем собрать схему с одной кнопкой. Начнем с подключения кнопки S1. Когда убедимся, что она работает, смонтируем на плате остальные три кнопки.

Самые частые ошибки

Если схема не заработала, несмотря на все ваши усилия, проверьте ее на предмет следующих ошибок:

- неправильное подключение микросхемы «Таймер 555»;
- перепутаны номера выводов микросхемы, в результате чего компоненты схемы подключены не к тем выводам;
- не подключен какой-либо провод, что вполне возможно при таком количестве соединений.

Если вам захочется иметь клавиатуру с большим количеством кнопок, можно добавить кнопки и резисторы.

Как работает схема

В предыдущем проекте мы разбирали, как работает таймер 555. Здесь эта микросхема работает аналогично, за исключением частоты переключения. В проекте 7 она составляла примерно один раз в секунду, здесь же в сотни раз выше.

Частота, с которой напряжение на выходе (вывод 3) переключается с высокого уровня на низкий и обратно, определяется номиналами конденсатора C1 и резисторов R1–R5. Чтобы вычислить точное значение частоты звука, который мы услышим, воспользуемся формулой для частоты переключения таймера 555:

$$\text{Частота} = \frac{1,44}{(R1 + R_x + R_x) \cdot C1},$$

где R_x — сопротивление между выводами 6 и 7, которое зависит от того, какая кнопка нажата.

Давайте посчитаем, какую частоту звука мы получим при нажатии кнопки S1:

$$R1 = 1 \text{ кОм} = 1000 \text{ Ом},$$

$$R_x = R2 = 10 \text{ кОм} = 10\,000 \text{ Ом},$$

$$C1 = 0,1 \text{ мкФ} = 0,0000001 \text{ Ф},$$

$$\text{Частота} = \frac{1,44}{(1000 + 10\,000 + 10\,000) \cdot 0,0000001},$$

$$\text{Частота} = \frac{1,44}{0,0021} \approx 686.$$

Таким образом, кнопка S1 соответствует частоте звука примерно 686 Гц.

Теперь определим значения сопротивления R_x для других кнопок, а потом подставим их в формулу для вычисления частоты звука:

$$S2: R_x = R2 + R3 = 10 \text{ кОм} + 1 \text{ кОм} = 11 \text{ кОм},$$

$$S3: R_x = R2 + R3 + R4 = 10 \text{ кОм} + 1 \text{ кОм} + \\ + 1 \text{ кОм} = 12 \text{ кОм},$$

$$S4: R_x = R2 + R3 + R4 + R5 = 10 \text{ кОм} + 1 \text{ кОм} + \\ + 1 \text{ кОм} + 1 \text{ кОм} = 13 \text{ кОм}.$$

Калькулятор выдал нам такие цифры:

$$S2: 626 \text{ Гц},$$

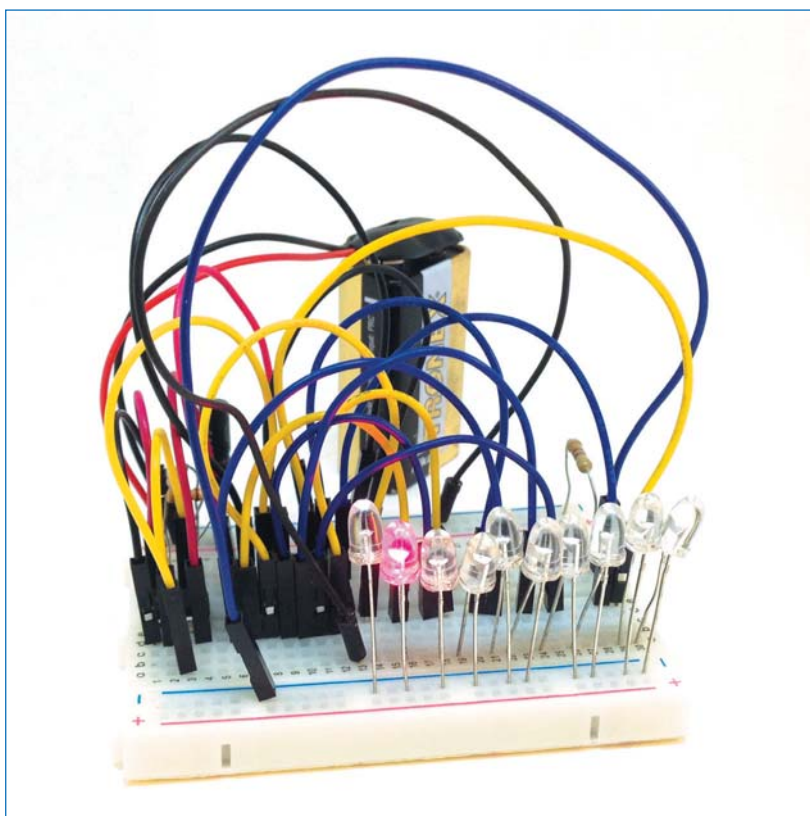
$$S3: 576 \text{ Гц},$$

$$S4: 533 \text{ Гц}.$$

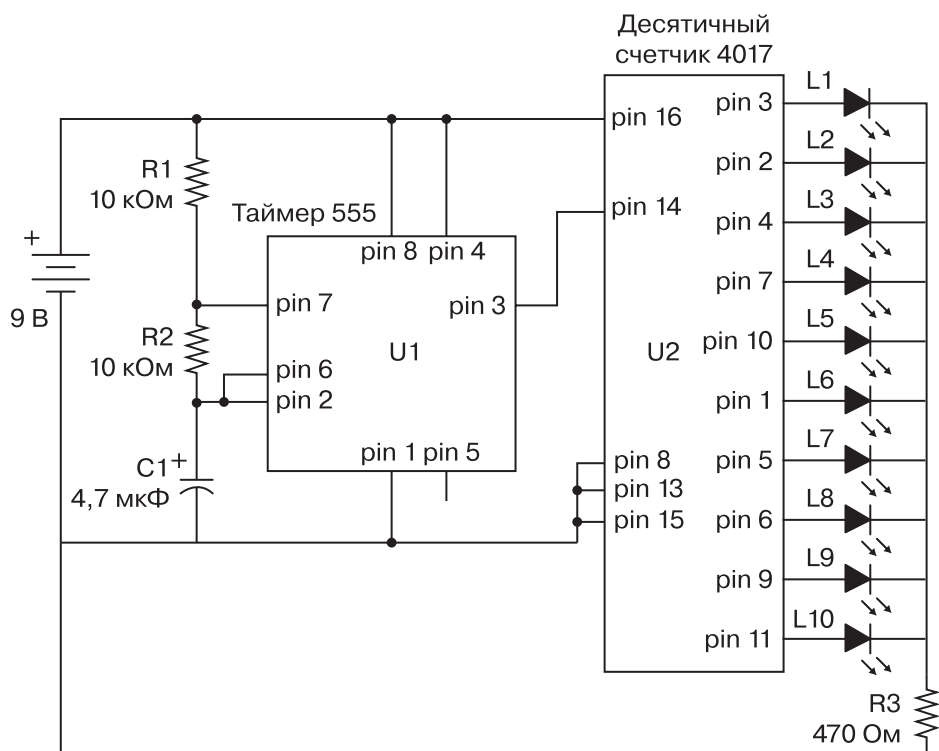
Если вы захотите изменить частоту (ну и тональность) любой кнопки, следует изменить сопротивление резисторов R2–R5. Сначала меняйте сопротивление резисторов сразу на 100 Ом, а уже затем более плавно для точной настройки тона. Последовательное соединение резисторов дает общее сопротивление, равное их сумме.

Подсветка на козырек над входом

Это гирлянда из бегущих огней, как на козырьке над крыльцом старого театра.



Принципиальная схема



Перечень компонентов

Компонент	Характеристика	Описание
R1, R2	10 кОм	Стандартный резистор, 2 шт.
R3	470 Ом	Стандартный резистор
C1	4,7 мкФ	Полярный конденсатор
L1–L10	Светодиод	Стандартные светоизлучающие диоды
U1	NE555	ИС «Таймер 555»
U2	CD4017B	ИС 4017 десятичный счетчик

Описание проекта

В схеме этого проекта у нас будут работать две интегральные схемы: таймер 555 и десятичный счетчик 4017 (рис. 9.1). Напряжение на выходе таймера (вывод 3) циклически переключается между высоким уровнем и низким, как и в схеме проекта 8. Вывод 3 таймера мы соединим с выводом 14 счетчика. Теперь счетчик будет считать, сколько раз выходное напряжение таймера изменится с низкого уровня до высокого. Счетчик имеет 10 выходов, пронумерованных от Q0 до Q9, сигнал с которых и отражает этот подсчет¹. Например, на счет «три» на выходе Q3 будет высокий уровень сигнала, а на остальных — низкий. На счет «10» устройство возвращается к выходу Q0.

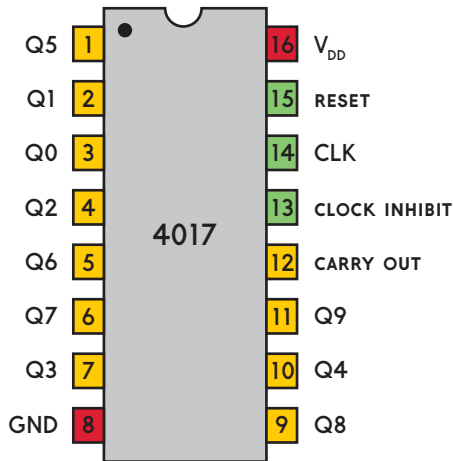


Рис. 9.1. Расположение выводов микросхемы 4017

Скорость перемещения бегущих огней зависит от номиналов компонентов R1, R2 и C1. При изменении любого из них скорость меняется. Чем больше номиналы резисторов и конденсатора, тем меньше скорость, и наоборот.

¹ О назначении остальных выводов читайте на с. 87–88. — Прим. перев.

Эта микросхема имеет множество выводов, поэтому при подсоединении проводов и компонентов ошибиться довольно легко. Советую сначала подключить таймер 555. Затем сделаем такой тест: резистор 470 Ом соединим последовательно с одним светодиодом и включим эту цепочку между выводом 3 таймера и минусом батареи. Заметим, насколько часто мигает светодиод. Теперь отключим светодиод и резистор и соберем всю схему полностью.

Собирая эту схему, нам придется сделать много подключений на достаточно небольшой площади, поэтому постараемся использовать пространство экономно и расчетливо. Я советую минусовые выводы всех светодиодов подключить к минусовой шине левой зоны питания на макетной плате. Так мы сэкономим хоть немного места.

Самые частые ошибки

Если собранная схема не заработала, проверьте, не допущена ли одна из следующих ошибок:

- неправильно подключены одна или обе микросхемы;
- при подключении перепутаны номера выводов микросхем, в результате чего компоненты подключены неправильно;
- неправильно подключены один или несколько светодиодов;
- неправильно подключен полярный конденсатор;
- компоненты схемы или перемычки подключены не к тому ряду контактных точек макетной платы.

Как работает схема

В этой схеме таймер 555 используется для генерации последовательности импульсов (называемых *тактовыми импульсами*), а микросхема 4017 десятичного счетчика — для

подсчета полученных импульсов. Светодиоды, подключенные к выводам Q0–Q9, отражают результаты подсчета. Когда счетчик доходит до 10, он автоматически сбрасывается на нуль. В результате кажется, что огоньки светодиодов бегут с одного края до другого без остановки.

ИС 4017 проста в применении. Достаточно подсоединить ее выводы к источнику питания (вывод 16 — к плюсу, а вывод 8 — к минусу). Обычно она работает с напряжением от 5 до 15 В. Когда питание подано, счетчик включается и начинает подсчитывать любые колебания уровня сигнала от низкого до высокого на тактовом входе.

Следует отметить, что каждый выход микросхемы может выдавать ток около 10 мА. Если мы попытаемся снять больший ток, например, путем уменьшения сопротивления резистора R3, то рискуем получить неправильную работу микросхемы или вообще испортить ее.

В таблице ниже приведено назначение каждого вывода.

№ вывода	Обозначение	Описание
1	Q5	Выдает высокий уровень сигнала при счете 5
2	Q1	Выдает высокий уровень сигнала при счете 1
3	Q0	Выдает высокий уровень сигнала при счете 0
4	Q2	Выдает высокий уровень сигнала при счете 2
5	Q6	Выдает высокий уровень сигнала при счете 6
6	Q7	Выдает высокий уровень сигнала при счете 7
7	Q3	Выдает высокий уровень сигнала при счете 3
8	GND	0 В (земля или минус источника питания)
9	Q8	Выдает высокий уровень сигнала при счете 8
10	Q4	Выдает высокий уровень сигнала при счете 4
11	Q9	Выдает высокий уровень сигнала при счете 9
12	CO (Carry Out)	Выдает высокий уровень сигнала при счете от 0 до 4
13	Clock inhibit	При высоком уровне входного сигнала на этом выводе счетчик не считает тактовые импульсы

Окончание табл.

№ вывода	Обозначение	Описание
14	CLK	Тактовый вход (сюда подаются импульсы, которые требуется считать)
15	Reset	При высоком уровне входного сигнала сбрасывает счетчик на нуль. При работающем счетчике уровень входного сигнала на этом выводе должен быть низким
16	V _{DD}	Плюс источника питания

Идеи для продолжения

Поздравляем, вы прошли этот путь до конца!

Девять собранных схем дали вам огромный практический опыт, который пригодится при создании уже более сложных электронных схем. Если в электронике вы новичок, то, возможно, не разобрались во всех тонкостях работы схем. Ничего страшного. Эта книга как раз и предназначена для изучения основ построения схем и развития навыков.

Чтобы подняться на следующую ступень, например приступить к совершенствованию какой-либо игры, или выполнять более сложные проекты с использованием графических дисплеев, или же создавать мелодии, выходить в Интернет, я рекомендую попробовать очень популярное устройство, которое называется Ардуино (<http://arduino.cc/>)¹.

Но в любом случае — хотите ли вы сделать автоматическую дверь для своего кота или создать новейший в мире гаджет — вам необходимо совершенствовать свои знания и навыки. Вот почему я постоянно издаю новые обучающие материалы, помогающие людям воплотить свои идеи с помощью электроники. Для людей с любым уровнем

¹ По ссылке <http://vk.com/market-143347910> вы найдете множество разных книг о плате Arduino, выпущенных издательством «Лаборатория знаний». Из них вы узнаете, что такое Arduino, а также что и как можно собрать на ее основе. — *Прим. перев.*

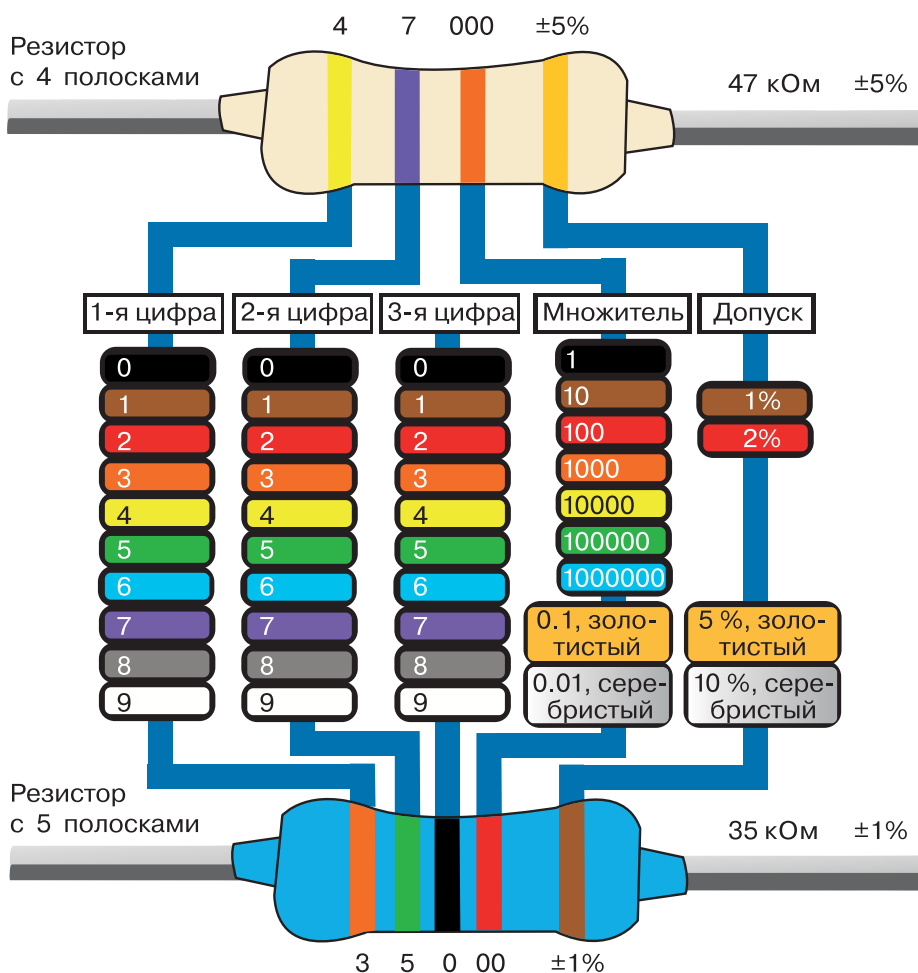
подготовки я создал обучающий портал Ohmify. Здесь вы можете записаться на курсы, чтобы научиться:

- программированию Ардуино;
- основам электроники;
- пайке;
- разработке печатных плат;

и многому другому!

Хотите узнать больше о портале Ohmify — зайдите на сайт <http://ohmify.com/>

Цветовая маркировка резисторов



Источник: www.build-electronic-circuits.com

Практические советы

Советы по использованию беспаечных макетных плат

Даже если вы еще не приступили к проектам, а просто пролистали книгу, то, наверное, заметили, что на многих рисунках изображена макетная плата. Она здесь одно из главных действующих лиц. Пользоваться ею очень просто, но, чтобы она прослужила долго, нужно знать несколько правил:

- Контактные разъемы макетной платы позволяют подключать проводники диаметром не более 0,4–0,7 мм, поэтому попытки «затолкнуть» более толстые выводы электронных элементов и штырьки проводов могут привести к порче контакта. В этом случае к выводам элементов, имеющим больший диаметр, советуем припаять или намотать провод меньшего диаметра и уже тогда подключать элемент к макетной плате.
- Чтобы не тратить на покупку набора проводов-джамперов разной длины, можно взять обычный провод в изоляции, например провод КСВВ 4 × 0,4. Это четырехжильный провод, каждая медная жила которого имеет диаметр 0,4 мм и покрыта изоляцией. Из одного метра такого провода может получиться куча соединительных проводов-джамперов нужной длины.

- Если предстоит макетирование сложной схемы с большим количеством элементов, то площади одной беспаячной макетной платы может и не хватить. В этом случае разделите схему на блоки и каждый блок соберите на отдельной макетной плате, а потом объедините эти блоки в целое устройство с помощью проводов-джамперов.
- Макетную плату следует защищать от пыли. Если плата долго валяется без дела, то на ее поверхности скапливается пыль, которая попадает и в контактные разъемы. По мере ее скопления контакт будет ухудшаться, и тогда не обойтись без чистки.
- **На беспаячной макетной плате нельзя макетировать и проверять работу схем, потребляющих большой ток, — может произойти перегрев контактных разъемов.**
- **Беспаячные макетные платы ни в коем случае не должны работать с напряжением 220 вольт!**

Мастерская начинающего электронщика

Все проекты нашей книги построены на беспаячной макетной плате и предназначены не для постоянного применения, а чтобы научиться сборке и посмотреть, как это будет работать. Но применять их в таком виде в жизни неудобно, да и громоздко. Поэтому потребуется еще много чего, кроме электронных компонентов: плата для крепления элементов, корпус, всякие соединители, крепеж и так далее, кое-что придется мастерить самим.

И вот тут нам понадобятся такие вещи: молоток, тиски и кусачки, гаечные ключи и отвертки, напильник и ножовка, паяльник. Как будто все? Нет! Еще **электроизмерительные приборы!**

Первый и самый нужный прибор для начинающего электронщика — это **мультиметр**, или тестер. Он умеет измерять переменный и постоянный ток, переменное и постоянное напряжение, сопротивление резисторов. Более дорогие модели могут измерять емкость конденсаторов и проверять диоды и транзисторы. Поначалу этим прибором можно и обойтись. Потом, если вы окончательно «заболеете» электроникой, вам понадобятся осциллограф, генератор частот, LC-метр и многое другое!

Где можно купить нужные детали?

Купить нужные электронные компоненты и детали сейчас не проблема! Наша задача — чтобы они были надежные и при этом не очень дорогие.

Можно, конечно, зайти в магазины сети «Чип и Дип», но дешевле будет приобрести на сайтах интернет-магазинов, например: <https://iarduino.ru/>, <https://amperkot.ru/>, <http://aliExpress.ru> (пожалуй, дешевле всего).

Где можно научиться схемотехнике?

1. www.radiokot.ru

Веселый, но очень толковый сайт. Здесь вы найдете:

- множество различных **схем, статей и конструкций**, по большей части авторских и испытанных на практике;
- **раздел для начинающих** с ответами на самые неожиданные вопросы, которые возникают у новичков, только-только взявших в руки паяльник;
- **форум** с самыми животрепещущими темами и интересными людьми;
- каталог **Ссылок**;

- **Сундук Кота**, в котором могут храниться разные книги, журналы, даташиты¹ и многое другое, что может потребоваться любому радиолюбителю.

2. <https://www.tinkercad.com/circuits>

Tinkercad — бесплатная онлайн-коллекция программных средств, которые помогают людям во всем мире думать и создавать. Это идеальное введение в Autodesk.

3. <https://online-electric.ru/virtlab/circuit/expert/index.php>

ОНЛАЙН ЭЛЕКТРИК — веб-сервис для электроэнергетики.

4. <https://easyeda.com/ru>

Easyeda — онлайн-инструмент создания схем и печатных плат.

¹ **Даташит (DataSheet)** — так наши электронщики называют официальную техническую документацию от производителя электронных компонентов. — *Прим. перев.*

Минимальные системные требования определяются соответствующими требованиями программ Adobe Reader версии не ниже 11-й либо Adobe Digital Editions версии не ниже 4.5 для платформ Windows, Mac OS, Android и iOS; экран 10"

Электронное издание для дополнительного образования

Серия: «Школа юного инженера»

Нидал Даль Эйвинд

**ПРОСТАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ДЕТЕЙ.
ДЕВЯТЬ ПРОСТЫХ ПРОЕКТОВ С ПОДСВЕТКОЙ, ЗВУКАМИ И МНОГОЕ
ДРУГОЕ**

Для детей среднего школьного возраста

Ведущий редактор *Т. Г. Хохлова*

Художественный редактор *В. А. Прокудин*

Технический редактор *Т. Ю. Федорова*

Корректор *И. Н. Панкова*

Компьютерная верстка: *В. И. Савельев*

Подписано к использованию 12.11.20.

Формат 155×225 мм

Издательство «Лаборатория знаний»

125167, Москва, проезд Аэропорта, д. 3

Телефон: (499) 157-5272

e-mail: info@pilotLZ.ru, <http://www.pilotLZ.ru>

Сборка
без
пайки!

ПРОСТАЯ ЭЛЕКТРОНИКА ДЛЯ ДЕТЕЙ

Это вам по плечу!

Книга «Простая электроника для детей» – идеальный трамплин для прыжка в мир электроники и схемотехники.

Первое, чему вы научитесь, – это читать принципиальные электрические схемы и применять макетную плату для сборки схем без паяльника. Затем вы постройте девять простых проектов буквально из пригоршни самых доступных компонентов: резисторов, транзисторов, конденсаторов и других деталей. В процессе сборки вы узнаете, для чего применяется каждый компонент, как он работает и как комбинировать разные виды компонентов в схемах, чтобы получать новые интересные эффекты.

Проект 1. Игра «Твердая рука». Проверьте свои нервы с помощью этой игры типа игры «Операция»!

Проект 2. Световая сигнализация, срабатывающая при касании. Включите свет пальцем!

Проект 3. Звуковая охранная сигнализация для банки с печеньем. Спугните воришку-лакомку своим хитрым устройством-засадой.

Проект 4. Ночник. Включается автоматически при наступлении темноты.

Проект 5. Мигающий светодиод. Классическая схема мигающего светодиода.

Проект 6. Светофор на железнодорожном переезде. Опасность! Не переходите дорогу, если светофор мигает.

Проект 7. Праздничная гирлянда. Подвесьте эту очаровательную светящуюся нить!

Проект 8. Электронное пианино. Сыграйте мелодию на своем простеньком синтезаторе и проверьте, как работают динамики.

Проект 9. Подсветка на козырек над входом. Устройте световое шоу и удивите им своих друзей!

В завершение вы создадите свое собственное электронное детище. Теперь вы уже не робкий новичок в электронике, выполняющий пошаговые инструкции книги «Простая электроника для детей», а смелый изобретатель.

Эйвинд Нидал Даль собрал свою первую схему, когда ему было 14, и с тех пор уже никогда не оставлял своего увлечения. Теперь он магистр электроники университета в Осло, Норвегия. Круг его интересов и дел очень широк: он консультирует различные компании, помогая разрабатывать новые изделия, занимается обучением персонала салонов и мастерских электроники, разъезжая по всему миру, пишет книги, ведет online-курсы по электронике для детей и взрослых. Чтобы узнать об авторе больше, зайдите на его сайт <http://www.build-electronic-circuits.com/>



6+

