

ЭЛЕКТРОНИКА БЕЗ СТРАХА

Как читать схемы и собирать
первые полезные устройства



и

Александр Громов

Александр Громов

Электроника без страха. Как читать схемы и собирать первые полезные устройства

<https://litres.ru/74594744>

SelfPub; 2026

Аннотация

Светодиод не загорается, макетная плата путает, а цифры на мультиметре ничего не объясняют? Начать можно без специальной подготовки и дорогой мастерской — если понимать, что проверять и в каком порядке.

Эта книга проведёт от первых низковольтных цепей к собственному полезному устройству. Вы научитесь читать схемы, разбираться в напряжении, токе и сопротивлении, выбирать компоненты и источник питания, собирать цепи на макетной плате и измерять результат. Освоите транзисторные ключи, датчики, простую логику и таймеры, подключите микроконтроллер, а затем разберётесь с пайкой, защитой и поиском неисправностей. Вместо догадок — расчёты, безопасные привычки и последовательная проверка каждого шага.

Для новичков, которым хочется не просто повторить инструкцию, а понять устройство. К финалу вы сможете пройти

путь от идеи и схемы до проверенного прибора в корпусе — и уверенно взяться за следующий проект.

Книга создана с помощью ИИ. Обложка: GPT Image - лицензия.

Содержание

От идеи к первой схеме: как устроена электроника и как учиться руками	6
Безопасность прежде всего: низкое напряжение, питание и типичные ошибки	17
Напряжение, ток и сопротивление: законы, которые помогают рассчитывать цепи	26
Детали на столе: резисторы, конденсаторы, диоды, светодиоды и катушки	37
Читаем схемы: условные обозначения, соединения и путь сигнала	49
Конец ознакомительного фрагмента.	50

Александр Громов
Электроника без страха.
Как читать схемы
и собирать первые
полезные устройства

Электроника без страха: Как читать схемы и собирать первые полезные устройства

Александр Громов

От идеи к первой схеме: как устроена электроника и как учиться руками

В комнате темно. Ты нажимаешь кнопку фонарика — сначала ничего, потом вспыхивает слабый свет, мигает и гаснет. Первая мысль: пора менять батарейки. Вторая может оказаться интереснее: что именно происходит внутри, когда кнопка всё-таки зажигает лампу?

Под крышкой фонарика нет маленького волшебника, который знает, когда нужно светить. Там есть источник питания, выключатель, светодиод или лампа, соединения между ними и, возможно, небольшая электронная плата. Каждая часть делает свою работу. Батарейка даёт энергию, выключатель открывает или закрывает путь, а светодиод превращает часть электрической энергии в свет. Если между деталями нарушилось соединение или батарейка разрядилась, цепочка событий прерывается — и фонарь гаснет.

В этой простой сцене уже спрятан главный ключ к электронике: устройство можно понять, если перестать смотреть на него как на загадочный чёрный ящик и начать разбирать на понятные части. Не обязательно сразу знать все названия и формулы. Для начала достаточно спросить: **откуда берётся энергия, по какому пути она идёт и что каждая де-**

таль с ней делает?

Не зубрить всё, а увидеть устройство

Электроника нередко пугает ещё до того, как человек берёт в руки первый компонент. На схеме появляются зигзаги, треугольники и кружки; в объяснении — «напряжение», «ток», «сопротивление» и «полярность». Кажется, будто для первого шага нужно выучить целый словарь и решить десяток задач.

Но незнакомые слова сами по себе не делают предмет сложным. Труднее, когда их пытаются запомнить без опоры на реальный опыт. Поэтому начнём с трёх разных вещей, которые легко перепутать.

Электрическая цепь — это соединённые элементы, по которым может идти ток. В нашем первом опыте это батарейка, резистор, светодиод и провода. Чтобы ток шёл, путь должен быть замкнут: от одного вывода источника через элементы к другому.

Устройство — это физический предмет, который выполняет задачу. Фонарик, дверной звонок, настольная лампа, игрушка с мотором — всё это устройства. Внутри одного устройства могут находиться несколько цепей и дополнительные механические детали.

Схема — условное изображение цепи. Это не фотография того, как компоненты разложены на столе, а карта их электрических соединений. Карта метро не показывает, где именно проходят трубы и стены станции; она показывает, ка-

кие станции связаны. Так и схема помогает увидеть, что с чем соединено, даже если детали на плате расположены совсем иначе.

У аналогии с картой есть предел: схема показывает не все особенности реального устройства. Она может не сообщать форму деталей, цвет проводов или точное расположение элементов. Зато ясно показывает главное для начинающего — связи между компонентами и путь сигнала или тока.

Электроника занимается не только тем, чтобы «заставить что-то светиться». Она управляет энергией и сигналами. Например, кнопка может подать сигнал контроллеру, а тот включит мотор; датчик освещённости может сообщить схеме, что в комнате стемнело. Сигнал — это информация, а энергия нужна, чтобы выполнить действие. В устройстве эти две роли часто переплетены.

Три слова, которые помогают читать цепь

Представь воду в трубах: давление помогает ей двигаться, поток показывает, сколько воды проходит, а узкий участок ограничивает поток. Эта аналогия полезна, если помнить, что электричество — не вода.

Напряжение можно представить как разность электрических потенциалов между двумя точками, своего рода «разницу условий», которая позволяет зарядам перемещаться. Измеряется оно в вольтах. Батарейка АА имеет номинальное напряжение около 1,5 В.

Ток — это движение электрического заряда через цепь.

Чем больше заряда проходит за единицу времени, тем больше ток. Его измеряют в амперах или, для небольших цепей, миллиамперах: 1000 миллиампер составляют 1 ампер.

Сопротивление показывает, насколько компонент препятствует прохождению тока. Его измеряют в омах. Резистор — деталь, которая помогает ограничивать ток и задавать режим работы других компонентов.

В металлическом проводе заряды не «расходятся», как вода из бака. Энергия передаётся компонентам, а электрический ток в простейшей цепи проходит по замкнутому пути. Условное направление тока на схемах принято показывать от плюса источника к минусу; движение электронов в металлическом проводнике направлено противоположно. Для первых сборок важнее другое: должен существовать полный путь, и чувствительные детали нужно подключать правильно.

Первая цепь: батарейка, резистор и светодиод

Теперь соберём собственный маленький фонарик. Нам понадобятся:

- батарейный держатель с **тремя элементами АА** — около 4,5 В номинально;
- красный светодиод;
- резистор **470 Ом**;
- макетная плата и соединительные провода либо провода с зажимами;
- по желанию — мультиметр.

Используй исправные батарейки одного типа и примерно одинакового состояния. Перед сборкой вынь батарейки из держателя или разомкни выключатель, если он есть. Для этого опыта не нужны розетка, сетевой блок питания или пайка. Не соединяй выводы батарейного держателя напрямую: это короткое замыкание, при котором ток может стать большим, а провода и батарейки — нагреться.

Собери компоненты в такой последовательности:

````text`

**плюс батарейного держателя**

| резистор 470  $\Omega$  | длинная ножка светодиода | короткая ножка | минус батарейного держателя

Условная схема выглядит так:

````text`

(+ батарея) — [470 Ω] — |>| — (– батарея)
LED

В этой схеме резистор стоит перед светодиодом, но в простой последовательной цепи его можно поставить и после него: главное, чтобы оба элемента находились на одном замкнутом пути. У резистора нет полярности, поэтому его выводы можно менять местами. У светодиода полярность есть. Обычно длинная ножка — анод, её соединяют со стороной плюса через резистор; короткая ножка и плоская грань корпуса указывают на катод, который соединяют со стороной минуса. Если ножки уже обрезаны, ориентируйся по плоской грани и обозначениям конкретного светодиода.

Почему резистор здесь обязателен? Светодиод — не маленькая лампочка, которую безопасно подключить к батарее напрямую. При определённом напряжении его ток может быстро стать слишком большим. Резистор ограничивает ток и защищает светодиод от повреждения. Иногда светодиод, подключённый без резистора, успевает вспыхнуть — но это не значит, что такой способ безопасен: он может выйти из строя почти мгновенно. Поэтому правило простое: **не подключай светодиод напрямую к источнику питания без ограничения тока.**

Числа можно проверить прикидкой. У красного светодиода падение напряжения часто составляет примерно 2 В. Из 4,5 В батарейки около 2 В приходится на светодиод, а оставшаяся разница — на резистор. По закону Ома:

````text`

ток  $\approx$  (напряжение батарейки – напряжение светодиода) / сопротивление

$$(4,5 \text{ В} - 2 \text{ В}) / 470 \text{ Ом} \approx 0,0053 \text{ А} \approx 5,3 \text{ мА}$$

Для нашего опыта это небольшой ток, при котором светодиод обычно хорошо заметен. Точные значения зависят от батареек и конкретного светодиода, но нам не нужно добиваться идеального расчёта: важно увидеть, что резистор не выбран наугад и что он выполняет понятную задачу.

Проверь соединения. Закрой цепь. Если всё сделано верно, светодиод загорится — не как прожектор, а как малень-

кая яркая точка. Это может занять всего несколько секунд, но в эти секунды происходит важное: знак на схеме становится светом на столе.

**Учиться руками: предположить, собрать, измерить, объяснить**

Первая удачная сборка — не фокус и не экзамен. Это начало метода, который будет работать и с более сложными устройствами:

**Предположить → собрать → измерить → объяснить → усложнить.**

Перед тем как замкнуть цепь, запиши прогноз: загорится ли светодиод? Что случится, если развернуть его? Что изменится, если вместо резистора 470 Ом поставить 1 кОм? Не нужно бояться ошибиться. Прогноз — не обещание угадать, а вопрос, который можно проверить.

Потом собери цепь и наблюдай. Если светодиод не загорелся, не объявляй себя неспособным к электронике. Проверь по порядку: есть ли заряд в батарейках, правильно ли они стоят в держателе, не перевернут ли светодиод, действительно ли провод касается нужного ряда макетной платы, не разорван ли путь. В макетной плате отверстия соединены не все со всеми: прежде чем вставлять детали, полезно посмотреть схему соединений именно этой модели.

Затем можно сравнить два опыта: сначала резистор 1 кОм, потом 470 Ом. При меньшем сопротивлении ток обычно будет больше, и светодиод может светить ярче. Но яркость не

обязана увеличиться «в два раза»: глаз воспринимает свет нелинейно, а сам светодиод тоже работает не как идеально линейный элемент. Поэтому не пытайся выводить точные значения яркости на глаз — сначала наблюдай направление изменения.

Если у тебя есть мультиметр, можно сделать ещё один шаг. Выбери режим измерения постоянного напряжения и измерь напряжение между плюсом и минусом батарейного держателя. Чтобы измерить напряжение на компоненте, приложи щупы к двум его выводам, не разрывая цепь. Если захочешь определить ток, не ставь мультиметр в режиме измерения тока прямо поперёк батарейки: так можно устроить короткое замыкание. Ток измеряют иначе — включают прибор последовательно в цепь. Пока достаточно убедиться, что батарейка даёт напряжение и что собранная цепь замкнута.

После наблюдения объясни результат своими словами. Например: «Батарейка создаёт разность потенциалов. В замкнутой цепи идёт ток. Резистор ограничивает его, а светодиод излучает свет». Такое объяснение ценнее, чем бездумно выученная формула. Если оно неполное — отлично: теперь понятно, какой вопрос задать дальше.

Здесь работает важное правило обучения: меняй за один раз только одну вещь. Сначала замени резистор, не переставляя батарейки и светодиод; затем сравни. Если одновременно поменять несколько компонентов, будет трудно понять, что именно вызвало результат. Это не особенность электро-

ники — так устроено любое исследование, от кулинарного эксперимента до настройки спортивной тренировки.

### **От одной лампочки — к целому устройству**

Вспомни фонарик из начала главы. Теперь его можно мысленно разложить на блоки:

**``text**

**источник энергии → выключатель → схема управления**

**→ светодиод → свет**

В простом фонарике схема управления может быть совсем незаметной или отсутствовать. В более сложном она регулирует яркость, следит за зарядом аккумулятора или позволяет выбрать режим мигания. Корпус удерживает детали, отражатель направляет свет, а кнопка задаёт команду. Устройство оказывается не волшебным предметом, а набором функций, соединённых в последовательность.

Попробуй применить этот способ к другому знакомому прибору. Например, в электрическом чайнике можно выделить источник питания от розетки, выключатель, нагревательный элемент, термостат и корпус с ручкой. В настольной лампе — питание, выключатель, драйвер или патрон и источник света. Пока не нужно разбираться во всех деталях и тем более вскрывать прибор. Достаточно нарисовать блоки и стрелками показать, куда поступает энергия и что запускает действие.

Такой взгляд помогает читать схемы. Сначала не спрашивай: «Что означает каждый знак на странице?» Спроси: «Где источник? Какой путь проходит ток? Что управляет цепью? Какой элемент выполняет полезную работу?» Затем разбери незнакомые символы по одному и сверяй их с реальными деталями.

## **Твоя личная цель и карта пути**

Перед тем как идти дальше, удели несколько минут короткой записи. Закончи три фразы:

1. «До первого эксперимента электроника казалась мне...»
2. «Теперь я понимаю, что...»
3. «К концу этой книги я хочу уметь...»

Цель может быть небольшой: собрать датчик ночника, починить простую игрушку, понять, почему мигает индикатор, или уверенно читать схему небольшого устройства. Не нужно обещать себе стать инженером за неделю. Полезная цель — та, к которой можно двигаться маленькими проверяемыми шагами.

На следующих этапах мы научимся работать безопасно, разберём питание и основные компоненты, освоим чтение схем и сборку на макетной плате, а затем перейдём к полезным устройствам и поиску неисправностей. Важная часть этого пути — не только узнавать новые детали, но и задавать к ним точные вопросы: что происходит, если изменить значение? Как это проверить? Почему результат отличается от

ожидания?

Сегодня ты уже сделал больше, чем просто зажёл светодиод. Ты увидел, что электроника начинается не с тайного языка формул, а с любопытства, понятной модели и опыта, который можно повторить. Первая цепь не научит всему — и не должна. Она показывает, что сложное можно разбирать на части, а каждую догадку превращать в проверяемый вопрос. Следующий разумный шаг — научиться экспериментировать так, чтобы исследование оставалось безопасным.

# Безопасность прежде всего: низкое напряжение, питание и типичные ошибки

Вечером Артём собрал на макетной плате свою первую схему: батарейка, несколько проводов, светодиод. Светодиод не загорелся. На столе лежал сетевой адаптер — такой же, каким он заряжал телефон. «Вскрою, посмотрю, где плюс, — решил Артём. — А если не получится, подключу макет напрямую к розетке: всего два провода».

Он остановился не потому, что уже знал, как устроен адаптер, а потому, что не знал. Это хорошая причина остановиться. В электронике любопытство помогает учиться, но оно не заменяет понимания границ. Иногда самый грамотный первый шаг — не включить устройство, а убрать руку от выключателя и разобраться, откуда берётся энергия и куда она может пойти.

В предыдущей главе мы учились видеть в устройстве блоки и проследивать путь энергии. Теперь добавим к этому правилу ещё одно: **каждый путь энергии нужно оценивать с точки зрения безопасности**. Это не формальность и не признак робости. Это такая же часть сборки, как выбор компонента или проверка соединений.

**Напряжение — не вся история**

Новичку легко представить напряжение как число на этикетке: маленькое — значит безопасное, большое — значит опасное. На практике одного числа недостаточно. Важны и напряжение, и возможный ток, и то, через что он проходит, и сколько энергии способна отдать система.

Ток может пройти через тело, если тело становится частью замкнутой цепи. На риск влияют условия контакта, влажность кожи, путь тока и длительность воздействия. Поэтому нельзя назвать одно универсальное значение напряжения, которое гарантирует безопасность во всех обстоятельствах.

С обычными учебными схемами на изолированном низковольтном питании риск поражения током обычно невелик. Но «невелик» не значит «невозможен при любых условиях», а тем более не значит «ничего больше не случится». Батарея способна сильно нагреть тонкий провод при коротком замыкании. Перепутанное питание может испортить компонент. Неисправный аккумулятор может перегреться или загореться.

Есть ещё энергия, уже накопленная внутри устройства. Конденсатор может сохранять заряд после отключения питания. Это не повод пытаться проверить его отвёрткой или касанием. Если вы не знаете, что перед вами и как безопасно работать с этим устройством, не вскрывайте его и не пытайтесь разряжать накопители самостоятельно.

Сеть переменного тока — совсем другая область. Напряжение в бытовой розетке опасно для жизни. **Не подклю-**

**чайте макетную плату к розетке, не вскрывайте сетевые адаптеры и не проводите измерения на открытых сетевых цепях.** Закрытый адаптер преобразует и отделяет выходное низкое напряжение от опасной части не случайно: его корпус, изоляция и конструкция — часть системы защиты. Вскрывая устройство, вы эту защиту нарушаете. Даже отключённый от розетки прибор может содержать заряженные конденсаторы.

Для первых проектов выбирайте только понятные низковольтные источники постоянного тока: например, батарейный держатель, готовый учебный модуль или исправный сертифицированный блок питания с закрытым корпусом и ясно обозначенным выходом. Начинайте с напряжения, на которое рассчитана ваша схема. Сам по себе небольшой показатель на этикетке не превращает неизвестный источник в надёжный.

**Источник питания: что прочитать до подключения**  
Этикетка блока питания — не мелкий шрифт для специалистов, а краткая инструкция. На ней ищут выходное напряжение, вид тока и допустимый ток. Если указаны постоянный ток и полярность, эти обозначения должны совпадать с тем, что требуется схеме. Не полагайтесь только на цвет провода: в самодельных и повреждённых кабелях он может оказаться обманчивым.

Указанный на адаптере максимальный ток — обычно не ток, который он «проталкивает» в любую схему, а предел то-

го, что источник способен отдать при подходящей нагрузке. Но если соединить его выводы напрямую, ток может стать чрезмерным, а провода и компоненты — нагреться. Защитные функции адаптера полезны, но рассчитывать на них как на разрешение ошибаться не стоит.

Если маркировка стёрта, источник неизвестен, корпус треснул или кабель повреждён — не используйте его «на пробу». Возьмите заведомо подходящий источник или попросите специалиста помочь с выбором. Не вскрывайте адаптер ради того, чтобы выяснить, что у него внутри.

Батарейки тоже требуют внимания. Установите их в держатель с соблюдением полярности, а не зажимайте проводами как придётся. Не бросайте их россыпью рядом с монетами, скрепками и другими металлическими предметами: случайный контакт может замкнуть выводы. Одноразовые элементы нельзя заряжать, если производитель прямо не указывает обратное.

С литий-ионными и литий-полимерными аккумуляторами новичку лучше работать только в готовых устройствах или учебных модулях, рассчитанных на конкретный аккумулятор и правильную зарядку. Не прокалывайте, не сдавливайте и не пытайтесь заряжать неизвестную ячейку самодельным способом. Вздутый, протекающий или необычно горячий аккумулятор — не материал для эксперимента.

**Пять ошибок, которые проще предотвратить**

**Перепутанная полярность.** У светодиода, электроли-

тического конденсатора и некоторых других компонентов есть направление подключения. Если поставить деталь наоборот, она может не работать или повредиться. До подачи питания сверяйте обозначения на схеме и корпусе детали. Если маркировка неясна, сначала выясните назначение выводов — не угадывайте.

**Короткое замыкание.** Оно возникает, когда выводы питания соединяются почти напрямую, минуя предусмотренную схемой нагрузку. Причиной бывает перемычка не в том ряду макетной платы, оголённая жилка провода или соприкоснувшиеся выводы компонентов. Сверяйте ряды и шины платы с её схемой: внешне похожие дорожки не всегда соединены так, как ожидается. Осматривайте сборку при отключённом питании. Если умеете пользоваться мультиметром, проверку на короткое замыкание проводят только на обесточенной цепи и в подходящем режиме прибора.

**Неподходящее напряжение или ток.** У каждого компонента есть допустимые условия работы. Если подать напряжение выше предусмотренного или не ограничить ток там, где это требуется, деталь может перегреться и выйти из строя. В схемах со светодиодом, например, обычно нужен ограничивающий резистор: подключать светодиод прямо к источнику «на секунду проверить» — плохая привычка. Если параметры схемы вам пока неизвестны, не включайте её, пока не проверите их по инструкции или расчёту.

**Оголённые провода и небрежное рабочее место.** От-

крытые концы могут случайно коснуться соседнего контакта или металлического предмета. Зачищайте только нужную длину провода, закрепляйте соединения, убирайте лишние металлические предметы. Работайте сухими руками на сухой поверхности. Это простые меры, но именно они не дают случайности превратиться в неисправность.

**Пайка под питанием.** Перед тем как паять или переставлять компоненты, отключите источник от макета. Иначе инструмент или расплавленный припой могут замкнуть соседние контакты. Паяльник держите на подставке, не касайтесь жала, обеспечьте проветривание и не оставляйте горячий инструмент без присмотра. Отдельно запомните ловушку с мультиметром: в режиме измерения тока его нельзя просто подключать поперёк выводов источника. Так можно создать короткое замыкание через сам прибор. Если вы не уверены, какой режим и точки подключения нужны, не измеряйте наугад.

### **Как включать схему без спешки**

Представьте, что первое включение — это не экзамен на смелость, а проверка гипотезы. Не работает — это информация. Пахнет горелым или что-то быстро нагревается — сигнал немедленно остановиться, а не повод «дать ещё секунду».

Сначала соберите цепь без питания. Проследите путь от плюса источника через компоненты к минусу: совпадает ли он со схемой? Проверьте, стоят ли детали в нужных рядах,

нет ли случайных перемычек и незакреплённых жилок. Убедитесь, что напряжение источника подходит всем компонентам. Только после этого подключайте источник — и держите руки подальше от соединений во время первого запуска.

Если вы используете лабораторный источник с ограничением тока, оно может помочь уменьшить последствия ошибки, но не отменяет необходимости понимать настройки и требования схемы. Не выставляйте значения наугад. Для первых занятий надёжнее готовый учебный набор с инструкцией и подходящим источником питания.

Если схема не заработала, сначала отключите питание. Затем проверьте соединения и ориентацию деталей. Не переставляйте провода на включённом макете — это быстрый способ превратить одну ошибку в несколько. И не касайтесь пальцем компонента, чтобы выяснить, нагрелся ли он: при подозрении на перегрев отключите питание и дайте устройству остыть.

### **> \*\*Остановитесь и обратитесь к специалисту\*\***

Не продолжайте работу, если речь идёт о сетевом напряжении, вскрытом сетевом адаптере или измерениях на открытой сетевой цепи. Не используйте повреждённый или вздутый аккумулятор. Немедленно отключите низковольтный источник, если появились дым, запах гари, необычный нагрев или треск; не трогайте горячие и повреждённые детали. Если источник питания неизвестен или вы не можете уверенно определить его выходные параметры, отложите

эксперимент и попросите помощи. Не пытайтесь «проверить ещё раз», пока причина не ясна.

### **Карточка безопасного запуска**

Перед первым включением положите рядом эту короткую карточку. Если хотя бы на один пункт ответ «нет» или «не знаю», питание пока не подключайте.

● **Источник отключён от макета**, пока вы собираете и проверяете схему.

● **Источник понятен**: известны его выходное напряжение, тип тока и полярность; корпус и провода исправны.

● **Напряжение подходит** всем компонентам согласно схеме или инструкции.

● **Полярность проверена**: плюс, минус и направление компонентов совпадают с обозначениями.

● **Короткого замыкания нет**: макет осмотрен, перемычки и провода стоят на своих местах.

● **Схема осмотрена целиком**: физическая сборка соответствует чертежу.

● **Руки и рабочее место сухие**; рядом нет лишних металлических предметов.

● **Батарея или аккумулятор не повреждены**, если они используются.

● **Питание подключается осознанно**: вы знаете, что должно произойти при включении и что будете делать, если схема поведёт себя не так.

Для закрепления возьмите простую учебную схему, на-

пример светодиода с ограничивающим резистором, и пройдите карточку, не подключая источник. Отметьте, какие пункты вы можете проверить по самой схеме, какие — по маркировке компонентов, а какие пока вызывают вопросы. Это упражнение учит важному: уверенность появляется не от скорости, а от понятной последовательности действий.

Безопасность не требует бояться каждого провода. Она требует не путать знакомый вид устройства с пониманием того, как оно устроено. Начинайте с понятного низковольтного питания, проверяйте источник и сборку до включения, отключайте питание перед изменениями и не переходите к сетевым устройствам без квалификации. Так осторожность становится не препятствием, а частью инженерного мышления: вы не просто собираете цепь — вы заранее понимаете, что в ней может произойти.

Следующий шаг — научиться предсказывать поведение цепи не на глаз, а с помощью расчёта. Для этого понадобятся три понятия, которые связывают источник, компоненты и ток в единую картину.

# Напряжение, ток и сопротивление: законы, которые помогают рассчитывать цепи

На макетной плате горит светодиод. С резистором на 1 кОм он едва заметен, а с резистором на 47 Ом светит ярко — но такой эксперимент может закончиться тем, что светодиод перестанет светить совсем. Какой резистор поставить, чтобы получить предсказуемый результат?

Это не задача на угадывание и не повод запоминать «правильное» число для всех светодиодов. Ответ зависит от источника питания, характеристик конкретного светодиода и желаемого тока. Здесь пригодятся три величины — напряжение, ток и сопротивление — и одна связь между ними, закон Ома. Если научиться применять её по шагам, схема перестанет выглядеть набором загадочных деталей: её поведение можно будет оценить ещё до того, как вы подключите питание.

## Три понятия, которые важно не смешивать

**Напряжение** — это разность электрических потенциалов между двумя точками. Оно показывает, сколько энергии приходится на единицу электрического заряда: один вольт равен одному джоулю на кулон. Поэтому напряжение всегда измеряют *между* двумя точками: например, между плюсом

и минусом источника или между выводами резистора.

**Ток** — количество электрического заряда, проходящего через сечение проводника за единицу времени. Один ампер — это один кулон в секунду. В металлическом проводе движутся электроны, но направление условного электрического тока исторически обозначают противоположно направлению их движения. В большинстве простых расчётов достаточно помнить: ток течёт по замкнутому пути, а его величина говорит, сколько заряда проходит через участок цепи за секунду.

**Сопротивление** показывает, насколько участок цепи препятствует протеканию тока. Его измеряют в омах. Резистор — компонент, специально созданный для получения заданного сопротивления, но сопротивление есть и у проводов, нагревательных элементов и многих других деталей. Оно может зависеть от материала, размеров и температуры.

Эти понятия связаны, но не означают одно и то же. Напряжение нельзя «израсходовать» так же, как ток. Ток не исчезает внутри светодиода: заряд продолжает двигаться по цепи, а электрическая энергия преобразуется, в частности, в свет и тепло. В последовательной цепи через все элементы проходит один и тот же ток, а напряжение источника распределяется между ними.

### **Закон, который превращает слова в расчёт**

Для резистора, поведение которого можно считать обычным и стабильным, действует закон Ома:

Напряжение на резисторе равно току через него, умно-

женному на сопротивление.

Формула выглядит так:

$$V = I \times R$$

Здесь  $V$  — напряжение в вольтах,  $I$  — ток в амперах,  $R$  — сопротивление в омах. Из неё можно получить две полезные формы:

$I = V / R$  — найти ток, если известны напряжение и сопротивление.  $R = V / I$  — найти сопротивление, если известны напряжение и желаемый ток.

Например, если на резисторе сопротивлением 1 кОм есть напряжение 3 В, через него течёт ток  $3 / 1000 = 0,003$  А, то есть 3 мА. Обратите внимание: в формулу подставляется напряжение *на резисторе*, а не автоматически напряжение всего источника.

Закон Ома описывает связь величин, но не является универсальной формулой для любой детали. Для обычного резистора она хорошо работает в пределах его нормального режима. Светодиод же не является резистором с постоянным сопротивлением: его зависимость тока от напряжения нелинейна. Поэтому рассчитывают цепь со светодиодом так: учитывают его прямое падение напряжения, а оставшуюся часть напряжения прикладывают к последовательно включённому резистору.

## Выбираем резистор для светодиода

Возьмём низковольтный источник питания с напряжением 5,0 В и красный светодиод. Допустим, по документации

выбранного светодиода при подходящем рабочем режиме его прямое напряжение составляет примерно 2,0 В. Для примера зададим желаемый ток 10 мА, то есть 0,010 А. Это иллюстративный расчёт: у другого светодиода и другого источника числа будут другими.

В цепи «источник — резистор — светодиод» напряжение источника распределяется между резистором и светодиодом. Значит, на резисторе останется примерно:

$$V_R = 5,0 \text{ В} - 2,0 \text{ В} = 3,0 \text{ В}$$

Теперь найдём сопротивление:

$$R = V_R / I = 3,0 / 0,010 = 300 \text{ Ом}$$

Расчёт дал 300 Ом, но реальные резисторы продаются не со всеми возможными значениями. Поэтому выбирают ближайший стандартный номинал — обычно немного больший, если нужно не превысить заданный ток. Например, возьмём 330 Ом.

Вот весь путь в таблице:

**Шаг**

**Что записать**

**Известно**

Источник: 5,0 В; светодиод: около 2,0 В; желаемый ток: 10 мА

**Найти**

## Сопротивление последовательного резистора

### Формула

$$R = (V \text{ источника} - V \text{ светодиода}) / I$$

### Расчёт

$$(5,0 - 2,0) / 0,010 = 300 \text{ Ом}$$

### Выбор

Ближайший больший стандартный номинал: 330 Ом

### Проверка

При указанных номинальных значениях ток будет около  $(5,0 - 2,0) / 330 = 0,0091 \text{ А}$ , то есть 9,1 мА

Резистор на 330 Ом не «создаёт» ток сам по себе. Он ограничивает ток в цепи до величины, которая получается при данных напряжениях и сопротивлении. Источник на 5 В тоже не «вталкивает» в светодиод неизменное количество тока: его напряжение задаёт условия, а ток зависит от всей цепи.

Важно сверяться с документацией **конкретного** светодиода. У разных цветов и моделей отличаются прямое напряжение, допустимый рабочий ток и другие параметры. Максимально допустимый ток — не обязательно хороший целевой ток. Часто светодиоду достаточно меньшего тока, чтобы

быть заметным, но яркость зависит от модели, условий освещения и назначения устройства.

## **Запас и проверка крайних значений**

Расчёт выше использует приблизительные значения. В реальной схеме напряжение источника может немного отличаться от 5,0 В, прямое напряжение светодиода меняется от экземпляра к экземпляру и зависит от режима работы, а сопротивление резистора имеет допуск.

Если 10 мА — не просто желаемая величина, а верхний предел, который нельзя превышать, нужно оценивать наиболее неблагоприятный случай: максимальное напряжение источника и минимальное прямое напряжение светодиода. Предположим, источник может подняться до 5,25 В, а минимальное прямое напряжение выбранного светодиода по документации — 1,8 В. Тогда для тока не выше 10 мА потребуется как минимум:

$$R \geq (5,25 - 1,8) / 0,010 = 345 \text{ Ом}$$

В этом случае разумно выбрать следующий подходящий стандартный номинал, например 360 Ом. При указанных крайних значениях ток будет около  $3,45 / 360 = 0,00958$  А, то есть 9,6 мА. А при номинальных 5 В и падении 2 В он окажется около 8,3 мА. Это не противоречие: расчёт с крайними значениями отвечает на вопрос «не превысим ли предел?», а номинальный — «что ожидается обычно?».

Именно так выглядит инженерный запас: не магическое число, а учёт возможных отклонений с понятной целью.

## Резистор тоже рассеивает мощность

Через резистор течёт ток, на нём падает напряжение, и часть электрической энергии превращается в тепло. Эту мощность можно найти так:

$$P = V \times I$$

Для резистора на 330 Ом в нашем номинальном примере напряжение составляет около 3 В, ток — около 0,0091 А:

$$P \approx 3 \times 0,0091 = 0,027 \text{ Вт}$$

Для проверки можно использовать равнозначную формулу  $P = I^2 R$ . В этом случае получается примерно то же значение — 0,027 Вт.

У резисторов указывают допустимую мощность, например 0,125 Вт или 0,25 Вт. Она должна быть выше расчётной, причём не стоит постоянно эксплуатировать компонент на самой границе его возможностей: допустимая мощность зависит и от условий охлаждения, и от температуры вокруг. Для приведённого примера резистор на 0,25 Вт имеет заметный запас. Если расчётная мощность близка к номиналу детали, нужно выбрать компонент помощнее или пересмотреть схему.

## Собираем и сравниваем расчёт с измерением

Перед сборкой отключите питание. Соедините последовательно плюс источника, резистор, светодиод и минус источника. У светодиода есть полярность: ток в рабочем режиме должен проходить от анода к катоду. Длинный вывод часто обозначает анод, а плоская грань корпуса — катод, но на-

дешёжнее проверить маркировку или документацию конкретной детали.

После проверки соединений включите питание. Если всё собрано правильно, светодиод должен загореться. Чтобы проверить расчёт, измерьте напряжение на резисторе мультиметром в режиме постоянного напряжения. Щупы подключают параллельно резистору — по одному к каждому его выводу. Если мультиметр показывает, например, 3,1 В, а резистор действительно имеет сопротивление около 330 Ом, ток можно оценить так:

$$I = 3,1 / 330 \approx 0,0094 \text{ А} = 9,4 \text{ мА}$$

Такое значение близко к расчётным 9,1 мА. Небольшая разница ожидаема: реальные напряжения, сопротивление и характеристики светодиода не обязаны совпадать с округлёнными значениями из примера.

Ток можно измерить непосредственно мультиметром, но для этого прибор включают **последовательно** в разрыв цепи и выбирают правильное гнездо и диапазон. Перед перестановкой щупов и изменением соединений отключите питание. Амперметр нельзя подключать параллельно источнику: в режиме измерения тока он создаёт путь с очень малым сопротивлением, что может вызвать короткое замыкание и повредить прибор или цепь. Сопротивление тоже измеряют только на обесточенной цепи, иначе показания будут неверными, а прибор можно повредить.

Если измерения сильно отличаются от ожиданий, не спе-

шите объявлять закон Ома бесполезным. Проверьте, на каком элементе измеряется напряжение, правильно ли выбран режим мультиметра, не перепутана ли полярность светодиода и действительно ли установлен нужный номинал. Влияют также допуск резистора, характеристики светодиода и точность источника.

### **Что меняется, когда деталей становится больше**

В последовательной цепи ток через каждый элемент одинаков, а падения напряжения складываются. Для простых резисторов их сопротивления тоже складываются: два резистора по 100 Ом последовательно дают 200 Ом. При параллельном соединении напряжение на ветвях одинаково, а общий ток равен сумме токов по ветвям. Для двух параллельных резисторов:

$$1 / R_{\text{общ}} = 1 / R_1 + 1 / R_2$$

Например, два резистора по 1 кОм параллельно дают общее сопротивление 500 Ом. Поскольку общее сопротивление меньше, от источника в такой комбинации при том же напряжении будет потребляться больший ток.

Это различие особенно важно со светодиодами. Если несколько светодиодов включены параллельно, один общий резистор не всегда обеспечивает каждому из них одинаковый и предсказуемый ток: характеристики диодов немного различаются, и один может светить ярче другого. Для надёжного простого решения каждой параллельной ветви обычно предусматривают собственный ограничительный резистор.

## Небольшая тренировка

Попробуйте решить задачу, прежде чем смотреть на ответ. Источник выдаёт 9 В, прямое напряжение светодиода по документации — около 2,1 В, а выбранный ток — 8 мА.

Сначала найдите напряжение на резисторе:  $9 - 2,1 = 6,9$  В. Затем переведите ток в амперы:  $8 \text{ мА} = 0,008 \text{ А}$ . Получаем:

$$R = 6,9 / 0,008 = 862,5 \text{ Ом}$$

Можно выбрать стандартный номинал 910 Ом. При заданных номинальных напряжениях ток составит около  $6,9 / 910 \approx 7,6 \text{ мА}$ . После этого стоит проверить мощность резистора и допустимый ток светодиода, а уже затем собирать схему и сопоставлять расчёт с измерением.

Для самостоятельной проверки попробуйте и обратный ход: если на резисторе 680 Ом измерено 3 В, какой через него идёт ток? Нужно разделить напряжение на сопротивление и не забыть перевести амперы в миллиамперы. Такая привычка — сначала оценить результат на бумаге, затем проверить его прибором — постепенно делает расчёт частью сборки, а не отдельным школьным упражнением.

Напряжение задаёт разность потенциалов, ток описывает движение заряда, сопротивление ограничивает это движение. Закон Ома связывает их и помогает заранее выбрать детали, но расчёт всегда нужно соотносить с реальными характеристиками компонентов, допустимой мощностью и измерениями. Тогда светодиод перестаёт быть маленькой лотере-

ей: вы понимаете, почему он светит именно так и что изменить, если результат отличается от ожиданий.

# Детали на столе: резисторы, конденсаторы, диоды, светодиоды и катушки

На столе лежит россыпь деталей. Одни похожи на крошечные бочонки, другие — на чёрные бусины, третьи — на обрезки проволоки. Вы берёте первую попавшуюся, подносите к макетной плате и замираете: куда её ставить? Она вообще подходит для этой схемы? А если поставить наоборот?

Так начинается знакомство с электроникой: не с незнания закона Ома, а с незнания самих «действующих лиц». Корпус детали не всегда рассказывает, на что она способна. Похожи с виду — но различны по назначению, параметрам и ограничениям. Поэтому будем знакомиться с каждой деталью по одному и тому же паспорту: **как выглядит, что делает, как обозначается на схеме, есть ли у неё полярность, какой параметр важнее всего, как безопасно проверить её мультиметром и какую ошибку легко совершить.**

Условимся о главном: любые проверки сопротивления, диодов и ёмкости выполняются на обесточенной схеме. Если деталь стоит на плате, соседние компоненты могут исказить результат. Для точной проверки часто приходится отключить от схемы хотя бы один вывод. А с сетевыми устрой-

ствами и высоковольтными конденсаторами начинающему экспериментировать не нужно.

## **Первый незнакомец: резистор**

Представьте, что светодиод подключили прямо к батарее. Сначала он ярко вспыхнул, потом погас — и на этом знакомство закончилось. Резистор в этой истории — не помеха, а ограничитель потока: он помогает задать такой ток, с которым другие компоненты могут безопасно работать.

**Внешний вид.** Резистор часто выглядит как маленький цилиндр с цветными полосами и двумя выводами. На макетной плате могут встретиться и миниатюрные прямоугольные SMD-резисторы с цифрами на корпусе. По размеру можно примерно судить о допустимой мощности, но номинал так не узнаешь.

**Символ.** В европейских схемах обычно рисуют прямоугольник:  $\text{—}[\text{ }] \text{—}$ , в других — зигзаг:  $\text{—}\wedge\wedge\text{—}$ . В обоих случаях рядом могут указать номинал, например 1 кОм.

**Функция и полярность.** Резистор ограничивает ток, делит напряжение и задаёт нужные уровни сигналов. Полярности у обычного резистора нет: его можно ставить в любом направлении.

**Главные параметры.** Сопротивление измеряется в омах:  $\Omega$ , к $\Omega$  и М $\Omega$ . Кроме того, важно, какую мощность резистор способен рассеивать без перегрева. Чем больший ток проходит через него и чем больше на нём падает напряжение, тем больше тепла выделяется. Для оценки используют

формулы  $P = U \times I$  или  $P = I^2 \times R$ .

Цветовые полосы читают по таблице. В четырёхполосной маркировке первые две полосы — цифры, третья — множитель, четвёртая — допуск. Например, **коричневый — чёрный — красный — золотой** означает:  $10 \times 100 = 1000$  Ом, то есть 1 кОм, с допуском  $\pm 5\%$ . Если не уверены, с какого края читать, посмотрите, какая полоса допусков — часто она отстоит от остальных, — а затем проверьте номинал мультиметром. На SMD-резисторах маркировка 103 обычно означает  $10 \times 10^3$  Ом, то есть 10 кОм. У очень мелких деталей обозначение может быть неразборчивым, и измеритель оказывается надёжнее догадки.

Возьмём уже знакомый нам закон Ома и подключим светодиод к источнику 5 В. Пусть падение напряжения на светодиоде примерно 2 В, а желаемый ток — около 8 мА. Тогда для резистора остаётся 3 В:  $R = 3 / 0,008 \approx 375$  Ом. Подойдёт ближайший стандартный номинал 390 Ом. При таком режиме резистор рассеивает примерно 0,023 Вт; обычного резистора на 0,125 Вт достаточно с запасом. Значения здесь примерные: реальное падение напряжения зависит от светодиода, поэтому для ответственной конструкции проверяют его документацию.

**Безопасная первая проверка.** Отключите питание и измерьте сопротивление мультиметром. Если резистор стоит в цепи, параллельные пути могут дать показание ниже реального. Проверка вне схемы надёжнее.

**Типичная ошибка.** Выбирать резистор только по номиналу и забывать о мощности — или считать, что светодиод «сам возьмёт сколько нужно». Резистор не просто добавляет число в схему: он задаёт границу тока.

## **Второй незнакомец: конденсатор**

На плате питания конденсатор похож на маленький резервуар. Он способен накопить электрический заряд и отдать его, когда напряжение в цепи меняется. Поэтому конденсаторы помогают сглаживать питание и ослаблять кратковременные помехи. Один небольшой конденсатор рядом с микросхемой иногда оказывается не менее важным, чем крупная деталь на виду: он поддерживает питание непосредственно возле своего «потребителя».

**Внешний вид.** Керамический конденсатор может выглядеть как маленькая плоская капля или диск. Электролитический часто похож на металлический цилиндр с пластиковой оболочкой.

**Символ.** На схеме неполярный конденсатор обозначают двумя параллельными пластинами:  $\text{—}| \text{—}$ . У полярных вариантов символ может иметь одну изогнутую пластину, знак + или другое принятое обозначение. Сверяйтесь с легендой схемы: детали и стандарты оформления различаются.

**Функция и полярность.** Керамические конденсаторы в простых учебных схемах обычно неполярные. Электролитические — полярные: их выводы нужно подключать в правильном направлении. На корпусе часто отмечен минус; на

плате или схеме может быть отмечен плюс. Не полагайтесь на одно лишь положение детали в рисунке.

**Главные параметры.** Ёмкость измеряется в фарадах, обычно в микрофарадах ( $\mu\text{F}$ ), нанофарадах ( $\text{nF}$ ) или пикофарадах ( $\text{pF}$ ). Второй важный параметр — допустимое напряжение. Оно должно быть выше напряжения, которое реально приложено к детали; превышать предел нельзя. Размер корпуса сам по себе не гарантирует ни нужную ёмкость, ни подходящий запас по напряжению.

Конденсатор способен удерживать заряд после отключения питания. В низковольтной учебной схеме сначала выключите источник и проверьте мультиметром напряжение на конденсаторе в режиме постоянного напряжения. Если заряд остался, его снимают через подходящий резистор, рассчитанный на условия цепи, а затем снова проверяют напряжение. Не замыкайте выводы случайным металлическим предметом: резкий разряд может повредить компонент, дорожки или инструмент. Высоковольтные конденсаторы — не материал для первых опытов.

**Безопасная первая проверка.** Если у мультиметра есть режим измерения ёмкости, проверяйте отключённый и разряженный конденсатор, следуя инструкции прибора. Для достоверного результата может потребоваться отсоединить от схемы один вывод. Обычное измерение сопротивления не даёт надёжного ответа о номинале и исправности: показания могут меняться во время зарядки и зависеть от подключён-

ных цепей.

**Типичная ошибка.** Перепутать плюс и минус электролитического конденсатора или превысить его допустимое напряжение. При неверном включении такая деталь может перегреться и повредиться. Полярность и напряжение проверяют до подачи питания, а не после появления запаха.

### **Третий незнакомец: диод**

Диод похож на одностороннюю дверь: в одном направлении он пропускает ток, в обратном — в обычном режиме почти не пропускает. Именно это свойство помогает выпрямлять переменное напряжение, защищать схемы от ошибочной полярности и направлять ток нужным путём.

**Внешний вид.** Обычный осевой диод — маленький цилиндр с двумя выводами. На одном конце часто есть кольцевая полоска. В SMD-исполнении диод может быть крошечным прямоугольником с отметкой на корпусе.

**Символ.** Условное обозначение можно представить как —|>|—: черта указывает на **катод**, второй вывод — **анод**. На корпусе осевого диода катод обычно отмечен полосой. В схеме и на детали ищите именно сторону катода, а не пытайтесь запомнить, «куда смотрит вся фигурка».

**Функция и полярность.** У диода есть определённое направление проводимости. В прямом включении ток проходит от анода к катоду, если достигнутого напряжения достаточно для выбранного типа диода. В обратном включении он блокируется лишь в пределах своих допустимых условий:

любой диод имеет ограничения по току и обратному напряжению.

**Безопасная первая проверка.** На мультиметре выберите режим проверки диодов. В большинстве приборов красный щуп подают на анод, чёрный — на катод; уточните это в руководстве к вашему мультиметру. Исправный диод обычно покажет падение напряжения в прямом направлении, а при перестановке щупов — OL или аналогичное обозначение. Конкретное значение зависит от типа детали. Проверяйте диод без питания; если он установлен на плате, соседние элементы могут создать обходной путь и сделать результат неоднозначным.

**Типичная ошибка.** Перепутать катод и анод или считать любой маленький диод взаимозаменяемым с любым другим. Детали могут выдерживать разные токи и обратные напряжения. Одна полоска на корпусе экономит много времени — если сначала найти её, а не ставить деталь наугад.

### **Четвёртый незнакомец: светодиод**

Светодиод — тоже диод, но у него есть дополнительный талант: при прохождении тока он излучает свет. На макетной плате это самый благодарный собеседник — сразу показывает, что в цепи происходит. Но его яркость не означает, что ему полезен любой ток.

**Внешний вид.** У привычного светодиода — прозрачная или матовая линза и два вывода. У неукороченных ножек длинная чаще всего соответствует аноду, короткая — катоду.

ду. На корпусе многих круглых светодиодов есть плоская грань со стороны катода, а внутри иногда видно, что электрод со стороны катода крупнее. Это подсказки, не универсальный закон: выводы могли обрезать, а корпуса и маркировка различаются. У SMD-светодиодов ориентируйтесь на документацию конкретной детали.

**Символ.** Это символ диода с двумя стрелками, направленными наружу: они обозначают свет. Сторона катода остаётся стороной катода обычного диода.

**Функция и полярность.** Светодиод пропускает ток в основном в одном направлении, а его яркость зависит от протекающего тока. Для свечения ему требуется определённое прямое напряжение — оно зависит от цвета и модели. У красного светодиода оно часто ниже, чем у синего или белого, но выбирать номинал «по цвету вообще» рискованно.

**Безопасная первая проверка.** На некоторых мультиметрах режим проверки диодов позволяет слабо засветить светодиод. Если он не загорелся, это ещё не доказывает неисправность: прибор может не обеспечить нужное напряжение, особенно для белых и синих светодиодов. Можно проверить полярность и падение напряжения в режиме диода, но окончательно работоспособность лучше проверять в низковольтной цепи с рассчитанным резистором.

**Типичная ошибка.** Подключить светодиод напрямую к батарее или источнику питания. Светодиод не ограничивает ток сам по себе, поэтому без резистора ток может стать

слишком большим. Здесь мы применили расчёт из главы об законе Ома: сначала оцениваем напряжение и желаемый ток, затем подбираем резистор и только после этого включаем питание.

### **Пятый незнакомец: катушка**

Катушка выглядит скромно: провод, намотанный витками вокруг сердечника или каркаса. Но стоит току через неё измениться, и катушка начинает заметно влиять на поведение цепи. Она создаёт магнитное поле и может запасать в нём энергию. Поэтому катушки встречаются в фильтрах и преобразователях питания — например, в схемах, которые меняют одно постоянное напряжение на другое.

**Внешний вид.** Это может быть открытая намотка провода, цилиндр с сердечником, серый или чёрный «бочонок» либо маленький квадратный SMD-корпус. По виду невозможно надёжно узнать её индуктивность или допустимый ток.

**Символ.** На схеме катушка обычно обозначается рядом дуг или витков: —((((— . Рядом с символом иногда рисуют две параллельные линии, показывая сердечник.

**Функция и полярность.** У простой одиночной катушки нет полярности: в учебной низковольтной цепи её выводы обычно можно поменять местами. Но у катушек с несколькими обмотками и магнитно связанных компонентов расположение выводов может иметь значение. Когда через катушку течёт ток, в магнитном поле запасается энергия; при из-

менении тока эта энергия влияет на напряжение в цепи. Поэтому катушка — не просто кусок провода, даже если мультиметр показывает очень малое сопротивление.

**Главные параметры.** Индуктивность измеряется в генри (H), чаще — в миллигенри (mH) или микрогенри (μH). Для практической схемы важны также сопротивление обмотки и допустимый ток. Если сердечник насыщается при слишком большом токе, поведение катушки меняется. В преобразователях питания подбор детали по одной лишь индуктивности недостаточен.

**Безопасная первая проверка.** На отключённой от питания катушке измерьте сопротивление или проверьте целостность обмотки. Если мультиметр показывает обрыв, обмотка может быть повреждена. Но маленькое сопротивление или звуковой сигнал не означают, что катушка неисправна: для провода с витками это может быть нормой. Обычный мультиметр не измеряет индуктивность и не всегда обнаруживает повреждение отдельных витков. Для этого нужен специальный измеритель, например LCR-метр, или проверка в подходящей схеме.

**Типичная ошибка.** Считать катушку обычным проводом и подключать её прямо к источнику питания без ограничения тока. Кроме того, при резком прерывании тока катушка может создать выброс напряжения. В подходящих цепях, где катушку выключают транзистором, для защиты часто используют диод, подключённый в нужном направлении.

Какой именно — зависит от схемы.

### **Упражнение: рассортируйте незнакомцев**

Перед вами пять деталей без подписей. Не начинайте с угадывания по цвету корпуса. Пройдите по паспорту: осмотрите форму и маркировку, найдите выводы, проверьте полярность там, где она есть, и только затем возьмите мультиметр. Любые проверки — без питания; конденсатор перед измерением ёмкости должен быть разряжен.

**1.** Маленькая деталь с четырьмя полосами: коричневая, чёрная, красная, золотая.

**2.** Металлический цилиндр с надписью  $470\ \mu\text{F}\ 16\ \text{V}$ ; вдоль оболочки проходит полоса со знаками минус.

**3.** Осевой компонент с надписью 1N4007 и кольцевой полосой на одном конце.

**4.** Прозрачная деталь с линзой и двумя выводами; один вывод длиннее другого.

**5.** Серый квадратный корпус с маркировкой катушки в перечне деталей; на плате рядом с ним обозначение из витков.

**Проверьте себя.** Первая деталь — резистор номиналом  $1\ \text{k}\Omega$  с допуском  $\pm 5\%$ ; полярности у него нет. Вторая — полярный электролитический конденсатор: полоса обычно отмечает минус, а  $16\ \text{V}$  — предел рабочего напряжения, не ёмкость. Третья — диод; кольцо обычно указывает на катод. Четвёртая — светодиод: длинный вывод часто является анодом, но перед подключением лучше свериться с маркировкой или проверить деталь. Пятая — катушка индуктивности;

её номинал и допустимый ток ищут в документации или перечне компонентов.

Если мультиметр показывает неожиданное значение, не спешите объявлять деталь сломанной. Возможно, она всё ещё соединена с соседними элементами, щупы стоят не в том режиме или у прибора свои особенности. Остановитесь, отключите питание, перепроверьте обозначения и инструкцию. В электронике осторожная проверка — не проявление робости, а нормальный рабочий навык.

Теперь россыпь деталей уже не выглядит пятью одинаковыми загадками. Резистор управляет током, конденсатор накапливает заряд, диод задаёт направление, светодиод превращает часть электрической энергии в свет, а катушка связывает изменение тока с магнитным полем. У каждой детали есть возможности, границы и способ проверки. Выбирая компонент, смотрите не на сходство корпусов, а на его функцию, параметры и условия работы. А следующий шаг — научиться узнавать этих персонажей на схеме и прослеживать, как между ними движется энергия и сигнал.

# Читаем схемы: условные обозначения, соединения и путь сигнала

Представьте вечер за кухонным столом. Вы собрали маленький индикатор: светодиод, кнопка, несколько деталей и батарейный блок на 5 вольт. Нажимаете кнопку — светодиод загорается. Всё работает. Но на листе рядом та же цепь выглядит как развязка метро: линии пересекаются, обозначения похожи на тайные знаки, а кнопка нарисована совсем не там, где она стоит на макетной плате.

С чего начать чтение? Вот схема небольшой цепи. Источник даёт 5 вольт, кнопка управляет транзистором, а транзистор включает светодиод.

```text

ПУТЬ ПИТАНИЯ:

+5 V — R1 560 Ω — D1 (светодиод) — Q1: C-E —
0 V

ПУТЬ УПРАВЛЕНИЯ:

+5 V — SW1 (кнопка, нормально разомкнутая)
— R2 10 k Ω — Q1: B
| R3 100 k Ω | 0 V

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.