

Азбука электронщика

Основы схемотехники

ОБУЧАЮЩЕЕ ПОСОБИЕ



www.masterkit.ru

Дорогой друг!

Несмотря на все усилия учителей по физике, по окончании школы у большинства выпускников остаются в головах лишь смутные понятия о каких-то конденсаторах, резисторах и Вольтах с Омами, но связать эти знания воедино и извлечь из них практическую пользу не могут даже очень прилежные ученики.

Разгадка этого парадокса ясна: на уроках физики в школе дают очень много теории при почти полном отсутствии практики. Вот и получается, что мало кто из школьников держал в руках всамделишный транзистор или ставил опыт с зарядом конденсатора. А теория, не подкрепленная практикой, тяжело усваивается и очень легко забывается – на следующий же день после экзамена (это в лучшем случае).

Чтобы восполнить этот пробел, компания Мастер Кит выпускает в помощь школьникам, студентам и всем начинающим электронщикам этот набор, состоящий из обучающей брошюры, макетной платы и самых необходимых электронных компонентов.

В этой брошюре даются краткие теоретические сведения, которые ни в коем случае не могут заменить многостраничные труды уважаемых авторов учебников и книг по электронике. Но зато этот текст написан доступно и увлекательно, поэтому может дополнить другие, более серьёзные работы.

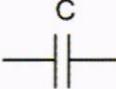
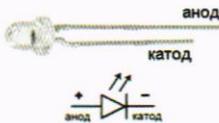
Макетная плата позволяет собирать первые простые схемы без пайки. Тебе не потребуется бегать в поисках паяльника и прочих инструментов – всё нужное есть в этой коробке! Ещё одно важное преимущество технологии сборки схем на макетной плате – из ограниченного набора деталей можно собрать больше десятка разных схем.

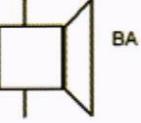
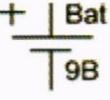
В добный путь, юный электронщик!

Мастер Кит

Табл.1. Перечень элементов, входящих в комплект набора

Наименование	Фотография	Обозначение	Примечание	Количество	
Резистор 470 Ом			Желтый, фиолетовый, коричневый	4	
Резистор 1 кОм			Коричневый, черный, красный	4	
Резистор 5.6 кОм			Зелёный, синий, красный	4	
Резистор 10 кОм			Коричневый, черный, оранжевый	4	
Резистор 22 кОм			Красный, красный, оранжевый	4	
Резистор 47 кОм			Жёлтый, фиолетовый, оранжевый	4	
Резистор 100 кОм			Коричневый, чёрный, чёрный, оранжевый	4	
Резистор 270 кОм			Красный, фиолетовый, жёлтый	4	
Резистор переменный 1К				1	
Резистор переменный 10К				1	
Резистор переменный 100К					1
Конденсатор 4,7 мкФ			Ёмкость указывается на корпусе: 10μ - 10 мкФ; 47μ - 47 мкФ и т.п.	4	
Конденсатор 10 мкФ					4
Конденсатор 22 мкФ					4
Конденсатор 47 мкФ					4
Конденсатор 100 мкФ					4
Конденсатор 220 мкФ					4

Наименование	Фотография	Обозначение	Примечание	Количество
Конденсатор 0.01 мкФ				4
Конденсатор 0.047 мкФ				4
Конденсатор 0.1 мкФ				4
Конденсатор 0.22 мкФ			Ёмкость керамического конденсатора указывается на корпусе в виде цифрового кода: «103» – 0.01 мкФ «473» – 0.047 мкФ «104» – 0.1 мкФ «224» – 0.22 мкФ «474» – 0.47 мкФ	4
Конденсатор 0.47 мк				4
Светодиод красный				4
Светодиод жёлтый				4
Светодиод зелёный				4
Светодиод синий (прозрачный корпус)		 LED	Определение полярности: - вывод «+» (анод) длиннее; - фаска корпуса у вывода «-» (катода); - площадь катода внутри кристалла больше.	4
Фотодиод EFD4300		 IR		1

Наименование	Фотография	Обозначение	Примечание	Количествово
Транзистор BC547			 "B" - база "C" - коллектор "E" - эмиттер	4
Кнопка				3
Зуммер со встроенным генератором HCM1205X				1
Зуммер без встроенного генератора HCM1205F	 Метка полярности "+" на корпусе вблизи одного из выводов			1
Плата макетная				1
Клеммы батареи				1
Батарея 9В типа «Крона»				1

1. Простейшая электрическая схема: батарея, резистор и светодиод

Простейшая электрическая цепь состоит из источника тока (батареи), выключателя и нагрузки (например, лампочки). Нажали на кнопку – ток потёк, лампочка зажглась. Но лампочка скорее относится к электротехнике, а мы приступили к изучению азов электроники. Поэтому мы вместо лампочки будем использовать полноценный электронный компонент – светодиод. В таблице 1. указано, как светодиод выглядит и обозначается на схеме.

Светодиод имеет перед лампочкой массу преимуществ: срок службы светодиода достигает 50000 часов (в отличие от 1000 часов у лампы), потребляет в сотни раз меньше энергии, устойчив к ударам и вибрации. В этот набор входят индикаторные светодиоды (они светятся, но не предназначены для целей освещения), но существуют и мощные осветительные светодиоды, которые обладают всеми свойствами и достоинствами обычных светодиодов.

Светодиод имеет ряд особенностей. Во-первых, его нельзя подключать непосредственно к батарее: он может перегореть! Требуется ограничить ток через светодиод, и делается это с помощью резистора. Внешний вид и обозначение резистора на схеме также приведены в табл.1.

Резистор – это элемент, который ограничивает ток. Главный параметр резистора – его сопротивление, которое измеряется в Омах и в килоОмах. В наш набор вложено несколько резисторов разного сопротивления. Понять, какое сопротивление у резистора, можно по его цветовому коду (см. табл.1.). Такая система маркировки кажется сложной для понимания, но она удобнее промышленным роботам, которых на больших заводах становится больше, чем людей.

Для нашей первой схемы со светодиодом больше подойдёт сопротивление 1 кОм. Пожалуй, можно поставить светодиод 10 кОм, но в этом случае через светодиод пойдёт слишком маленький ток, и светодиод будет светиться еле-еле.

Другая особенность светодиода: он работает (излучает свет) только при подключении в строго определённой полярности. При нарушении полярности светодиод не испортится, но и не будет светить.

Теперь всё вышесказанное проиллюстрируем на электрических схемах (рис.1.):

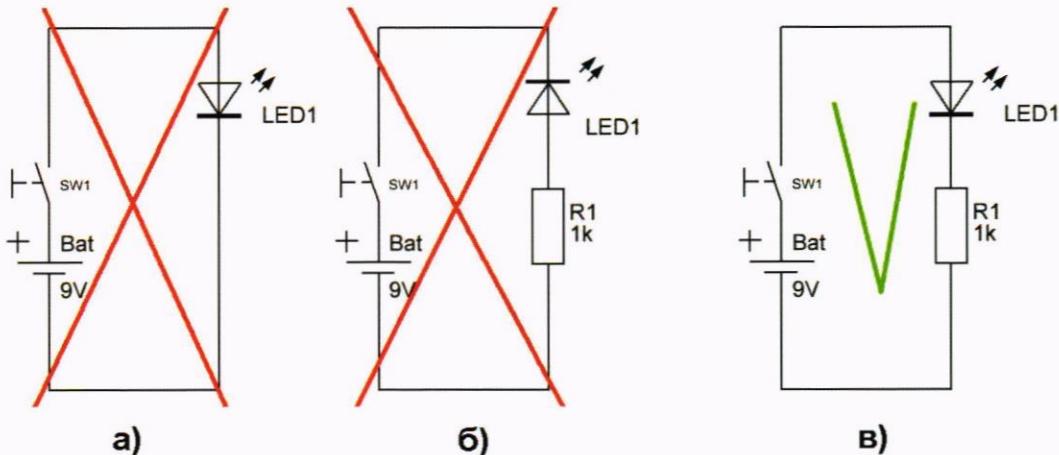


Рис.1.1. Неправильные и правильная схема включения светодиода

- 1 а) грубая ошибка: светодиод может испортиться, так как он включен без ограничительного резистора;
- 1 б) ошибка: светодиод не будет светить, так как включен в неправильной полярности;
- 1 в) правильная схема: светодиод будет светиться.

Прежде чем перейти от теории к практике, давай поймём, что из себя представляет макетная плата и как на ней монтировать компоненты (см. рис. 1.2.).

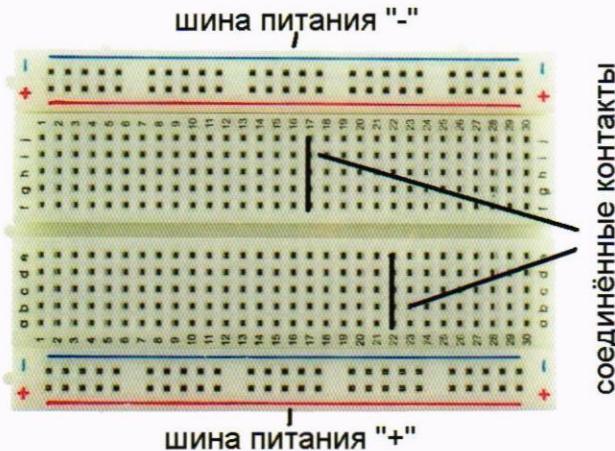


Рис.1.2. Макетная плата

Макетная плата выполнена из пластика с отверстиями-разъёмами. Контактные разъёмы выполнены из высококачественного бронзового сплава, отлично пружинят и прижимают выводы радиодеталей диаметром от 0.4 до 0.7 мм, причём число циклов подключения/отключения может достигать нескольких десятков тысяч!

Контакты внутри платы объединены в шины («строки»). Например, на рисунке 1.2. показано, что пять контактов в строке №6 (слева) объединены между собой; также объединены между собой и пять контактов строки №3 справа. Таким образом, на плате имеются 60 объединённых между собой строк (по 5 контактов в каждой).

В отдельные длинные строки вынесены шины питания, обозначаемые на плате красными и синими линиями.

Условно принято, что красная линия – это шина «+», а синяя «-». Соответственно, на данной макетной плате имеется две шины «+» и по две шины «-» – по 25 контактов в каждой. Провода от батареи также имеют соответствующие цвета (красный – «плюс», синий – «минус»).

соединённые контакты

Теперь, вооружившись всеми необходимыми знаниями, соберём нашу первую конструкцию на макетной плате. На рис. 1.3. (слева) приведён вариант монтажа на виртуальной макетной плате (эта конструкция смоделирована на компьютере). Обрати внимание: зелёными точками подсвеченены проводящие шины макетной платы. Разумеется, предложенный вариант не является единственно верным: при монтаже на реальной плате ты можешь расположить элементы по-другому (см. рис. 1.3., справа). Делай так, как тебе удобно!

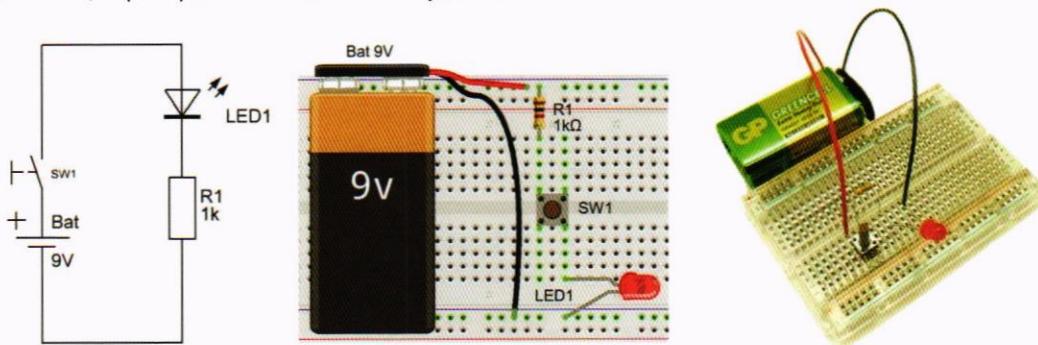


Рис.1.3. Первая схема на макетной плате

Примерно оценим, как долго сможет гореть светодиод от батареи. Согласно закону Ома, рассчитаем ток в цепи: $I = U/R = 9 \text{ Вольт} / 1 \text{ кОм} = 9 \text{ В} / 1000 \text{ Ом} = 9 \text{ мА}$. Емкость батареи типа «Крона» - около 200 мАч. Следовательно, светодиод сможет светиться непрерывно примерно: $200/9=22$ часа.

В комплект набора входят несколько светодиодов разных цветов: красные, зелёные, жёлтые, синие (корпус синих светодиодов - прозрачный). Маркировка полярности у всех светодиодов схожая: длинный вывод – «плюс» (анод). Кроме того, внутри кристалла возле вывода «минус» (катода) контактная площадка шире. Ты можешь попробовать подключить в схему светодиоды разных цветов. Заметь, что яркость их свечения будет отличаться: светодиоды разных серий имеют разную эффективность. Можно попробовать уменьшить сопротивление резистора $R1$ до 470 Ом: светодиоды будут светиться ярче, но батарея будет разряжаться быстрее.

2. Индикатор полярности

В электроннике нужно строго соблюдать полярность подключения питания. Если случайно подключить батарею к электронной схеме в неправильной полярности – схема не заработает (и это ещё полбеды) или даже выйдет из строя!

Используя свойство светодиода светиться только при определённой полярности питающего напряжения, можно сконструировать простой индикатор полярности, показанный на рис.2.

Если батарея подключена в верной полярности (как показано на рисунке), то светодиод LED1 (зелёный) светится, а LED2 (красный) – нет. Но если подключить батарею в обратной полярности (то есть плюсовым выводом «вниз» по схеме), картина изменится на обратную: светодиод LED1 гореть не будет, а LED2 – засветится. Красный цвет всегда сигнализирует о какой-то опасности, и в данном случае свечение красного светодиода будет сигналом: батарея подключена неверно, немедленно отключи питание!

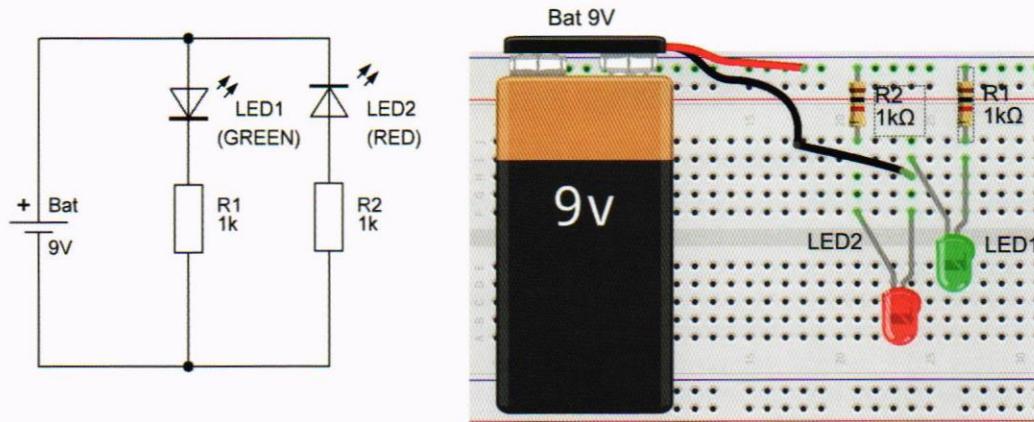


Рис.2. Индикатор полярности питания

3. Последовательное подключение светодиодов

Теперь включим в схему два светодиода последовательно, как показано на рис.3. Важно, чтобы каждый из светодиодов был включен в правильной полярности. Сделаем важные выводы из этого опыта;

- если хотя бы один светодиод включен в неправильной полярности, не будет светиться ни один из светодиодов;
 - если изъять из схемы любой светодиод (или он перегорит), другой также перестанет светиться;
 - при последовательном соединении яркость свечения каждого из светодиодов будет меньше, чем в опыте 1.
- Но и ток потребления схемы будет меньше (соответственно, время работы от батареи - выше).

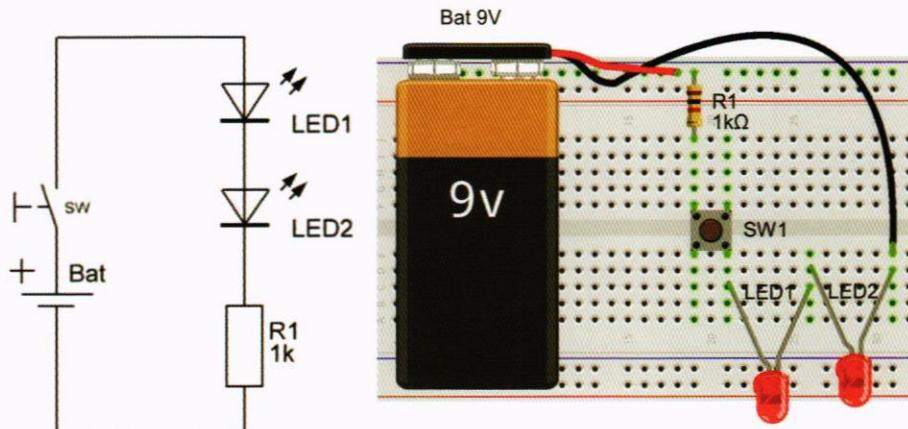


Рис.3. Последовательное подключение светодиодов

4. Параллельное подключение светодиодов

Снова соберём цепь из двух светодиодов, но на этот раз включим их по-другому: параллельно (рис.4). Сделаем выводы из этого эксперимента:

- любой светодиод, включенный в правильной полярности, будет светиться. Не имеет значения, правильно ли включен другой светодиод;
 - если изъять из схемы любой светодиод (или он перегорит), другой продолжит светиться;
 - при параллельном соединении яркость свечения каждого из светодиодов будет такой же, как и в опыте 1.
- Правда, и потребление энергии от батареи будет выше.

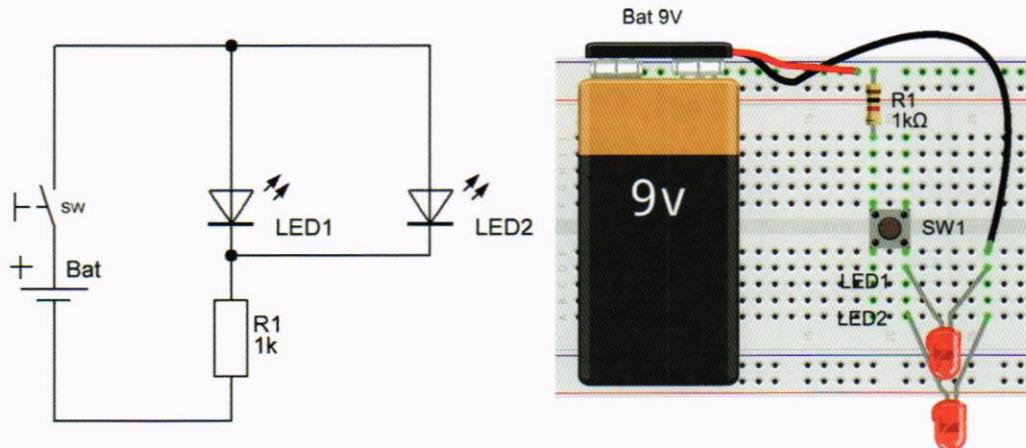


Рис.4. Параллельное подключение светодиодов

5. Параллельное и последовательное подключение резисторов

Соберём схему с одним светодиодом на основе опыта 1, только поставим два резистора: в одном варианте последовательно (рис.5.1.), а в другом – параллельно (рис.5.2.). Цель опыта – показать, что при параллельном подключении резисторов общее сопротивление цепи уменьшается, а при последовательном – увеличивается. Если у тебя есть прибор для измерения сопротивления (омметр), то легко проверить следующие постулаты:

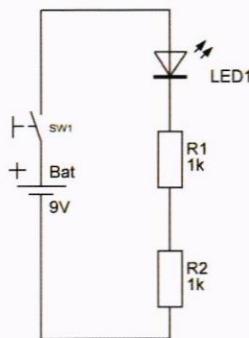


Рис.5.1. Последовательное соединение резисторов

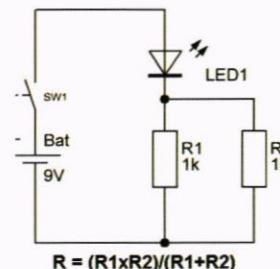
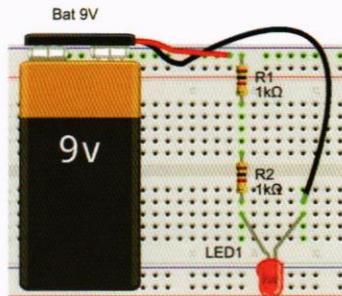


Рис.5.2. Параллельное соединение резисторов

- при последовательном соединении двух резисторов общее сопротивление цепи будет равно сумме сопротивлений отдельных резисторов: $R=R_1+R_2$, то есть выше любого из резисторов цепи; - при параллельном соединении двух резисторов общее сопротивление цепи будет рассчитываться по формуле $R=(R_1 \times R_2) / (R_1 + R_2)$

Эти знания могут выручить нас и в радиолюбительской практике.

Если нам надо поставить в схему, скажем, резистор сопротивлением 3 кОм, а у нас есть резисторы: 1 кОм, 820 Ом и 180 Ом, то, соединив последовательно эти резисторы, мы получим нужное нам сопротивление 2 кОм (см. рис. 5.3., левая схема). Другая ситуация: нам нужно сопротивление 850 Ом, а в нашем распоряжении только резисторы 1 кОм, 3 кОм и 100 Ом. Соединим резисторы 1 кОм и 3 кОм параллельно, а 100 Ом – последовательно, и получим общее сопротивление цепи 850 Ом (см. рис. 5.3., правая схема).

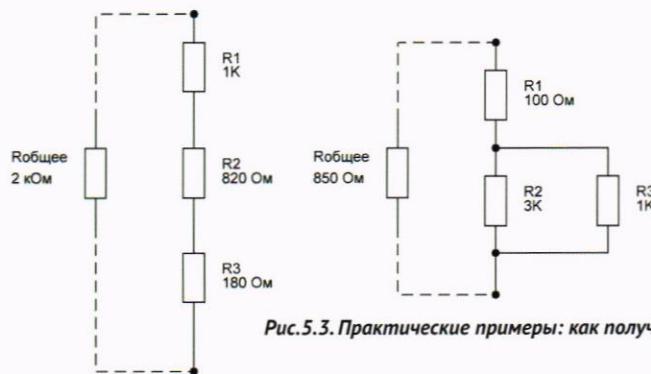


Рис. 5.3. Практические примеры: как получить резистор нужного номинала

Но в наш набор прибор не входит, поэтому приходится довольствоваться простейшим и очень грубым тестом: в схеме рис. 5.1 светодиод светит тускло (так как общее сопротивление цепочки из двух последовательно подключенных резисторов выше, то есть ток в цепи - ниже), а в схеме рис. 5.2 – ярче (так как общее сопротивление цепи из двух параллельно подключенных резисторов ниже, а ток в цепи - выше).

По возможности приобрести главный прибор любого радиолюбителя - мультиметр. С его помощью ты сможешь измерять напряжение, ток в электрических цепях, сопротивление отдельных участков цепи и многие другие величины. Стоимость простого прибора может начинаться от 200 рублей, а его пользу трудно переоценить.

При настройке электронных схем очень часто требуется точно подобрать нужное значение сопротивления. Постоянно производить замену резисторов – долгий и утомительный процесс. Поэтому гораздо удобнее пользоваться переменными или подстроечными резисторами: на их корпусе есть вал (или шлиц под отвертку). Вращая вал переменного сопротивления, можно установить любое сопротивление в пределах его номинала. Например, с помощью одного подстроечного резистора номиналом 100 кОм можно установить сопротивление и 15 кОм, и 50 кОм, и 91 кОм. Продемонстрируем это на примере (см. рис. 5.4).

Вращая тонкой часовой отверткой шлиц подстроечного резистора, можно изменять его сопротивление и ток через светодиод. Таким образом, светодиод будет светить ярче или тусклее.

Обрати внимание: резистор R1 обязательно должен присутствовать в схеме. Он ограничивает максимальный ток через светодиод. Дело в том, что в крайнем положении движка подстроечного резистора его сопротивление может приблизиться к 0 Ом, и при отсутствии R1 через светодиод пойдёт слишком большой ток, способный испортить кристалл.

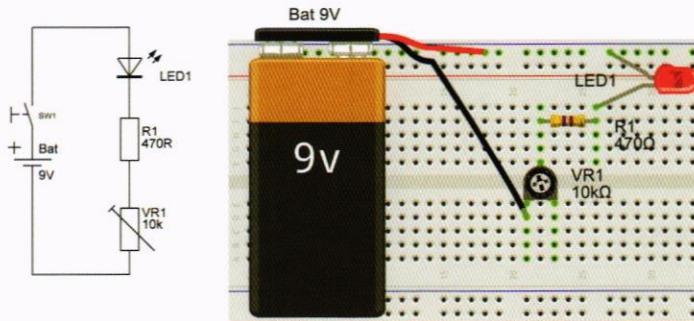


Рис.5.4 Подстроечный резистор в цепи светодиода

6. Конденсатор, его заряд и разряд

Теперь поговорим про другой очень важный электронный компонент – конденсатор. Как он выглядит и обозначается на схемах, можно посмотреть в табл.1. Конденсатор – это компонент, способный накапливать и отдавать энергию. Главный параметр конденсатора – его ёмкость, измеряемая в Фарадах и его долях (пикофарады,nanoфарады, микрофарады). Чем больше ёмкость конденсатора, тем большую энергию он способен накопить и отдать.

Конденсаторы бывают двух видов: (электролитические, похожи на бочонки) и неполярные (керамические, в наборе они жёлтого цвета). Как правило, электролитические конденсаторы имеют ёмкость выше 1 мкФ.

Давай изучим работу конденсатора, собрав схему согласно рис 6.

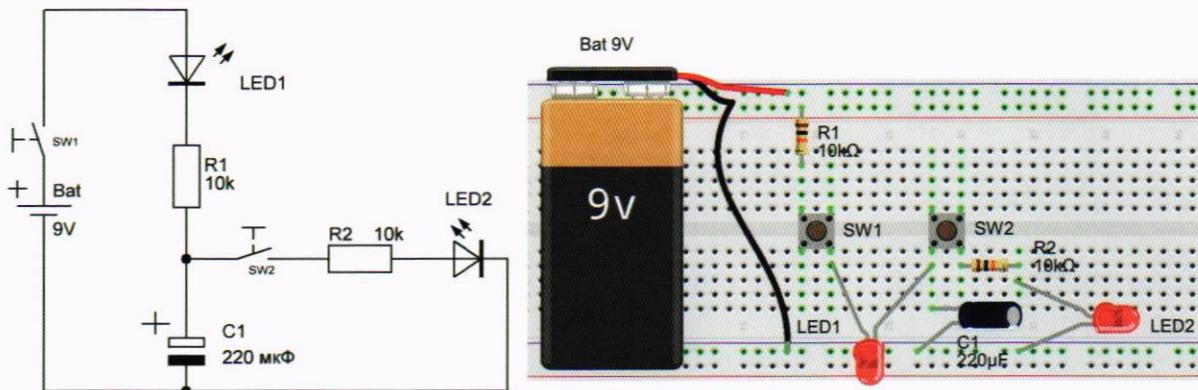


Рис.6. Схема заряда-разряда конденсатора

Обрати внимание на то, что электролитический конденсатор имеет полярность выводов, поэтому включать его в схему нужно в строго определённом положении (как определить полярность конденсатора, указано в табл.1.). Заряд конденсатора происходит по следующей цепи: батарея, кнопка SW1, светодиод LED1, ограничительный резистор R1, конденсатор C1.

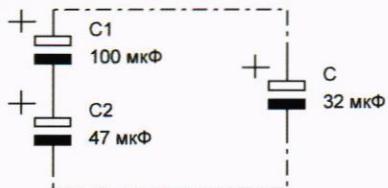
Нажми на кнопку SW1 и удерживайте её несколько секунд. Светодиод, индицирующий процесс заряда конденсатора, зажжётся и погаснет: конденсатор заряжен, можно отпустить кнопку SW1.

Теперь начнём разряжать конденсатор через цепочку: кнопка SW2, ограничительный резистор R2, светодиод LED2. Нажми кнопку SW2 и удерживай её какое-то время: несмотря на то, что батарея не подключена к цепи, светодиод LED2 будет светиться за счёт ёмкости, запасённой в конденсаторе. Чем больше ёмкость конденсатора, тем дольше он способен отдавать энергию.

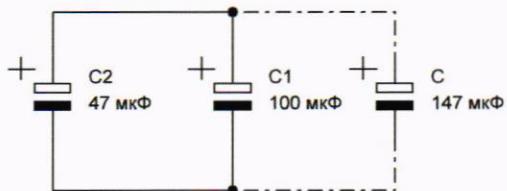
Конденсаторы малой ёмкости (в нашем наборе это керамические конденсаторы жёлтого цвета) так быстро заряжаются и разряжаются, что мы не сможем заметить этого без специальных приборов. Однако это не означает, что такие конденсаторы чем-то хуже других: свойства конденсатора быстро заряжаться и разряжаться используется во многих электрических цепях. Например, в генераторах звука, о которых мы поговорим чуть позже.

7. Последовательное и параллельное включение конденсаторов

Мы уже рассматривали параллельное и последовательное соединение резисторов и выяснили, как меняется их сопротивление и какую пользу можно извлечь из этих знаний. Конденсаторы также можно соединять последовательно и параллельно. Обратите внимание на то, что конденсаторы необходимо подключать в правильной полярности (рис. 7.1.):



$$C = (C_1 * C_2) / (C_1 + C_2) = 4700 / 147 = 32 \text{ (мкФ)}$$



$$C = C_1 + C_2 = 100 + 47 = 147 \text{ (мкФ)}$$

Рис. 7.1. Последовательное (выше) и параллельное (ниже) включение конденсаторов

Запомни только одно: конденсаторы ведут себя «зеркально» по отношению к резисторам, а именно:

- при параллельном соединении двух конденсаторов общая ёмкость цепи будет равна сумме отдельных емкостей: $C = C_1 + C_2$, то есть выше любого из конденсаторов цепи;
- при последовательном соединении двух конденсаторов общая ёмкость цепи будет рассчитываться по формуле $C = (C_1 \times C_2) / (C_1 + C_2)$, то есть ниже емкости любого из двух конденсаторов цепи.

Для того, чтобы проверить эти постулаты, можно слегка доработать схему предыдущего эксперимента (см. рис. 6.1.), в результате получатся следующие схемы (рис. 7.2. и рис.7.3.):

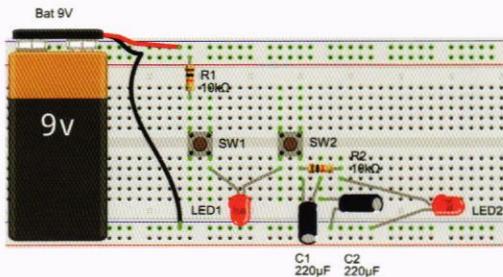
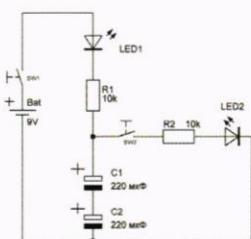
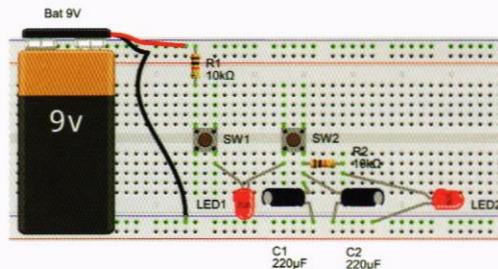
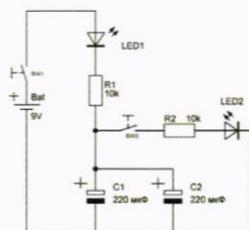


Рис.7.2. Эксперимент: последовательное соединение конденсаторов

Рис. 7.3. Эксперимент: параллельное соединение конденсаторов



8. Транзистор

Транзистор – это очень важный радиоэлектронный компонент. Он служит для усиления сигналов. В отличие от ранее рассмотренных компонентов, у транзистора три вывода: база, эмиттер и коллектор.

Познакомимся с принципом действия транзистора (см. рис. 8.1.). В общем случае сигнал поступает на вывод базы, а снимается с вывода коллектора. Очень важно то, что ток в цепи база-эмиттер может быть очень небольшим (единицы миллиампер), а ток в цепи коллектор-эмиттер, в зависимости от типа транзистора, может достигать сотен миллиампер и даже единиц Ампер. Таким образом, в коллекторной цепи создается точная копия сигнала, подаваемого на базу, только многократно усиленная. Это замечательное свойство позволяет использовать транзистор для усиления слабых сигналов и для коммутации мощных нагрузок.

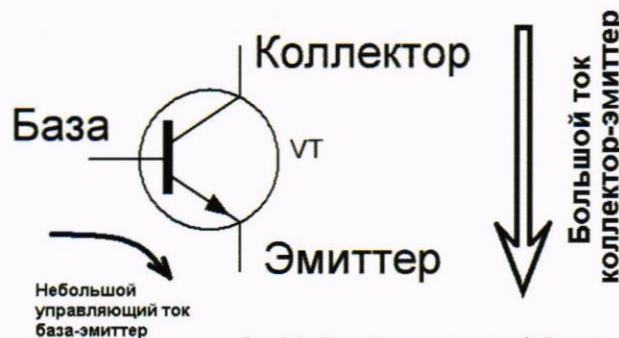


Рис.8.1. Транзистор: принцип действия

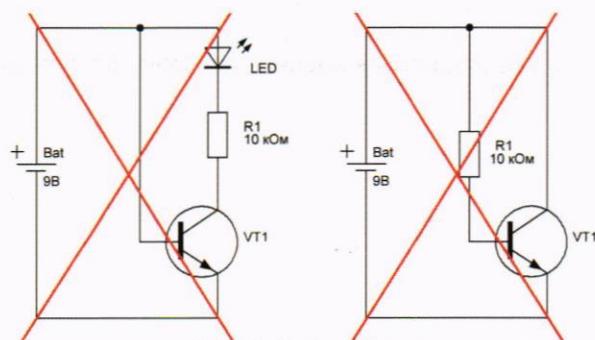


Рис.8.2. Как не надо включать транзисторы

Прежде чем двигаться дальше, необходимо ознакомиться с простыми правилами техники безопасности при работе с транзисторами. Неправильно включенный транзистор может выйти из строя. Иногда этот процесс сопровождается нагревом и дымом, иногда же транзисторы выходят из строя «быстро и молча». Хорошенько запомни: транзисторы не переносят очень больших токов «база-эмиттер» и «коллектор-эмиттер», это губительно для них (рис.8.2.). В цепях базы и коллектора обязательно должны быть токоограничительные резисторы. В цепи коллектора такой резистор должен быть и по другой причине: слишком большой коллекторный ток может испортить не только транзистор, но и светодиод.

Теперь проверим вышесказанное на практике. Соберём схему согласно рис. 8.3. При монтаже транзистора важно учитывать расположение его выводов: эмиттера, базы и коллектора (информация об этом приведена в табл.1.). В исходном состоянии транзистор закрыт, тока на участке коллектор-эмиттер нет, светодиод в его коллекторной цепи не горит. Нажимая на кнопку SW1, мы пропускаем ток через участок «+» батареи, резистор R1, переход «база-эмиттер» транзистора. Этот ток небольшой, всего несколько миллиампер, но его достаточно для открытия транзистора. Ток начинает идти по цепочке «+» батареи, светодиод, ограничительный резистор R2, цепь «коллектор-эмиттер» транзистора: светодиод горит!

Важное уточнение: здесь и далее мы будем часто использовать понятия «транзистор открыт» (условно сопротивление коллектор-эмиттер стремится к нулю) и «транзистор закрыт» (сопротивление коллектор-эмиттер стремится к бесконечности). Это два пограничных состояния транзистора, и их удобно рассматривать в целях обучения. Но, конечно, мы должны понимать, что на самом деле транзистор может находиться и в промежуточных состояниях, то есть быть менее или более открытым – именно это свойство и используется в цепях усиления.

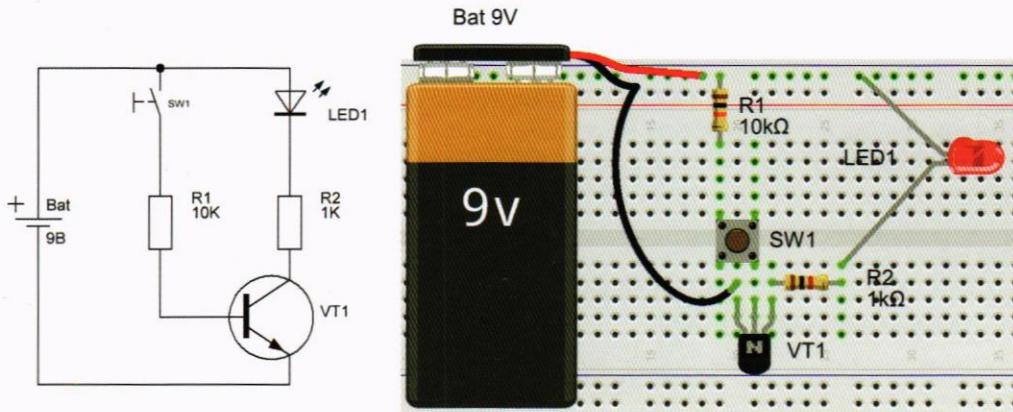


Рис.8.3. Эксперимент: транзистор как усилитель тока

9. Датчик уровня воды

В домашних хлопотах очень легко забыть про то, что ванна уже полна, пора выключать воду и приступать к водным процедурам. Конечно, если сантехника в порядке, то нового всемирного потопа не случится: вода будет уходить в канализацию через переливное отверстие. Но рисковать не надо, да и повышенный расход воды неизбежно скажется на счёте за воду.

Если совсем чуть-чуть доработать предыдущую схему, можно собрать простой сигнализатор наполнения ванны до заданного уровня. Просто заменим кнопку SW1 двумя электродами.

Выручит нас то, что вода проводит электрический ток. На краю ванны можно закрепить два электрода – например, две металлические пластины с зазором в несколько миллиметров друг от друга. Когда уровень воды поднимется до электродов, сопротивление между электродами резко уменьшится, транзистор откроется, светодиод загорится. Но придётся постоянно наблюдать за светодиодом, что неудобно. Гораздо лучше вместо светодиода включить миниатюрный зуммер со встроенным генератором В1, который начнёт громко пищать при наполнении ванны до необходимого уровня. Схема конструкции приведена на рис.9. Поставляемый в комплекте набора зуммер отличается дизайном от изображённого на монтажной схеме, но ты легко разберёшься, как правильно его установить. Главное, соблюдай полярность установки зуммера (на его корпусе есть метка «+»).

Пожалуйста, сначала убедись в том, что конструкция работает (для этого достаточно положить электроды в таз с водой), а только потом можешь проверить схему в «боевых» условиях.

Кстати, проводимость воды зависит от количества растворённых в ней солей, и это свойство может использоваться для оценки качества воды. Конечно, профессиональные анализаторы качества воды гораздо сложнее нашей схемы, но ты можешь поэкспериментировать и с нашим пробником: разная вода (из-под крана, из родника, фильтрованная и т.п.) будет влиять на громкость звучания зуммера.

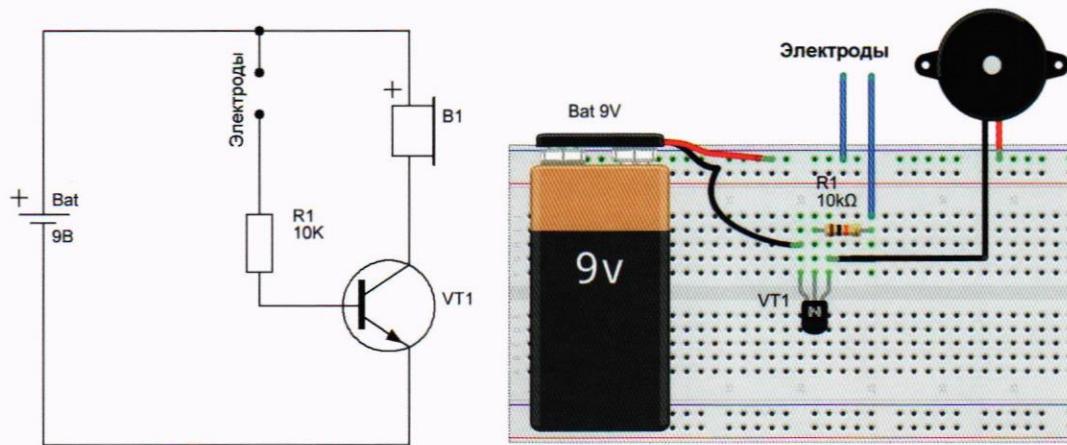


Рис.9. Сигнализатор уровня воды

10. Простейшая охранная сигнализация

Мы уже обладаем первыми необходимыми знаниями, достаточными для создания самых простых полезных схем. Одна из таких схем приведена на рис.10. Это простая охранная сигнализация. Пока охранный шлейф (на практике это может быть тонкая проволока) между базой и эмиттером транзистора замкнут, транзистор открыт, светодиод в его коллекторной цепи не горит. Схема находится в дежурном режиме и практически не потребляет энергии, поэтому выключатель питания не требуется. Если же нарушитель разорвёт проволоку, транзистор благодаря появившемуся базовому току откроется, светодиод загорится и будет гореть до тех пор, пока не будет восстановлена целостность шлейфа или не закончится заряд батареи.

Для большей наглядности в эту схему помимо светодиода можно подключить уже знакомый нам зуммер со встроенным генератором. Теперь при срабатывании сигнализации будет не только загораться светодиод, но и звучать зуммер.

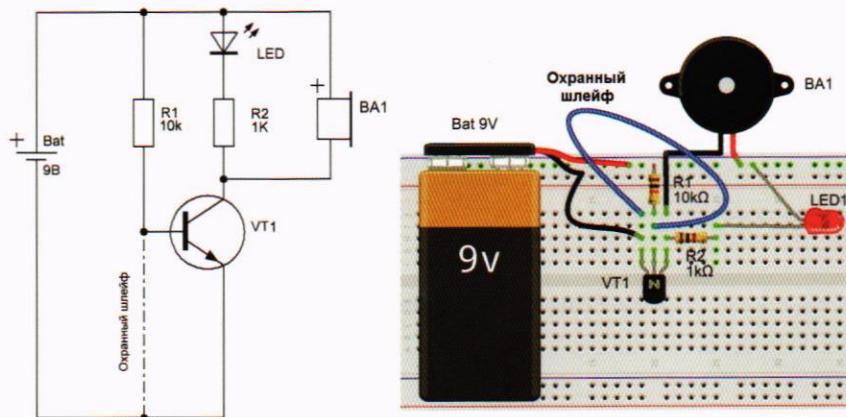


Рис.10. Простейшая охранная сигнализация

11. Таймер на одном транзисторе

Изученные нами ранее свойства конденсатора и транзистора позволяют собрать следующую схему – простой таймер (см. рис.11). Давай разберёмся, как же работает эта схема. Пока кнопка SW1 не замкнута, тока в базовой цепи транзистора нет, транзистор закрыт, светодиод не горит. Если же нажать кнопку SW1 и держать её, начнёт заряжаться конденсатор C1. Только после его заряда до определённого уровня транзистор откроется и светодиод загорится. Таким образом, мы получили простой автомат задержки включения: светодиод загорается не мгновенно после нажатия на кнопку, а через какое-то время, которое зависит от ёмкости конденсатора C1 и сопротивления резистора R1. Обрати внимание на то, что даже после отпускания кнопки светодиод будет какое-то время светиться: пока конденсатор C1 не разрядится через переход «база-эмиттер» транзистора.

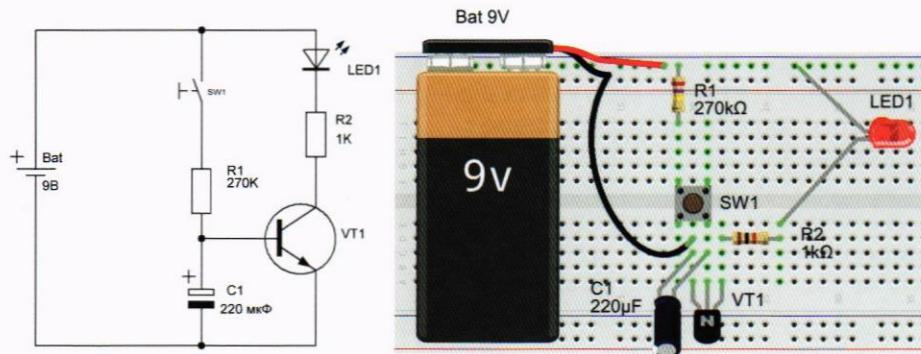


Рис.11. Таймер на одном транзисторе

12. Детектор инфракрасного излучения

Ещё одна полезная схема на одном транзисторе позволяет проверить исправность пультов дистанционного управления от бытовой электроники (телефизора, DVD-плеера, музыкального центра, кондиционера и т.п.). Исправный пульт управления излучает свет в инфракрасном (ИК) диапазоне, но человек его не видит, а электронные датчики легко фиксируют. В качестве датчика применим фотодиод. При воздействии ИК-излучения от пульта в фотодиоде вырабатывается небольшой, но достаточный для открывания транзистора ток, благодаря чему в коллекторной цепи транзистора зажигается светодиод. Схема приведена на рис.12. В ней всё тебе знакомо, за исключением фотодиода IR1. Его внешний вид и обозначение на схеме приведены в табл.1. При сборке схемы важно соблюдать полярность фотодиода, в противном случае он не будет работать.

Наведи на фотодиод любой пульт дистанционного управления и нажми на нём любую кнопку: светодиод в нашей схеме должен замигать. Правда, наша простейшая схема реагирует на пульты, размещённые вплотную к фотодатчику, а в телевизорах используются усилители, способные принять излучение пульта за несколько метров. Но для понимания принципа действия и проверки пультов наша схема отлично подходит!

Можно немного доработать схему, включив в коллекторную цепь транзистора зуммер (по аналогии со схемой на рис.9). Зуммер будет пищать в такт вспышкам светодиода.

В данной схеме применён фотодиод, пик чувствительности которого находится в инфракрасном (ИК) диапазоне, однако данный компонент реагирует и на обычный видимый свет. В этом можно убедиться, если посветить на фотодиод обычным фонариком. На этом принципе построены и промышленные фотодатчики, автоматическиключающие освещение при наступлении темноты. Но эти датчики требуют подключения высокого напряжения 220 В, поэтому в целях безопасности мы не будем собирать такую схему.

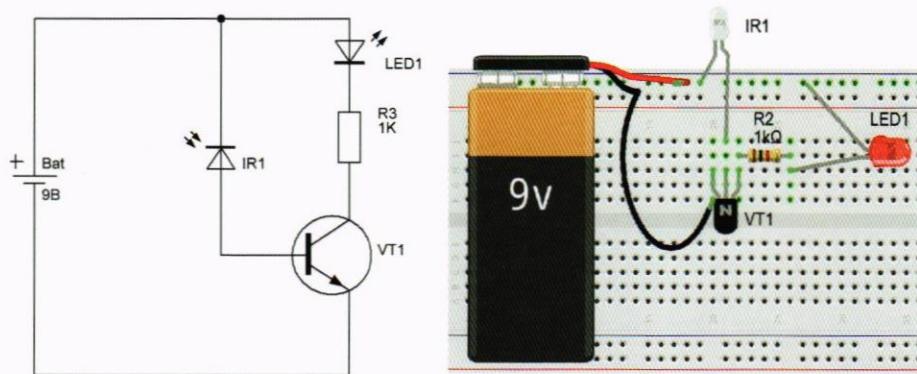


Рис.12. Детектор ИК-излучения

13. Мультивибратор (мигающие светодиоды)

Теперь изучим более сложную схему на двух транзисторах. Все наши предыдущие конструкции были как бы полуавтоматические: для запуска схемы требовалось нажать на кнопку, осветить фотодиод или замкнуть контакты сенсора. А эта схема работает в полностью автоматическом режиме, сама по себе: светодиоды будут перемигиваться до тех пор, пока не разрядится батарейка. Такая схема называется мультивибратором, приведена она на рис.13.

Давай разбираться, как же работает схема.

Допустим, изначально транзистор VT1 открыт (светодиод LED1 светится). Следовательно, напряжение на коллекторе VT1 близко к нулю, а конденсатор C1 разряжается через переход «база-эмиттер» транзистора VT1.

Транзистор VT2 в это время закрыт (светодиод LED2 не горит). Конденсатор C2 заряжается, напряжение на нём растёт, что в конце концов приводит к открытию транзистора VT2 и зажиганию светодиода LED2. Напряжение на коллекторе открытого транзистора VT2 падает, конденсатор C2 начинает разряжаться, транзистор VT1 закрывается.

Так процесс повторяется бесконечно. Частота переключения транзисторов (следовательно, и вспышек светодиодов) зависит от ёмкостей C1 и C2. Чем выше эти ёмкости, тем реже будут зажигаться светодиоды. Также частота переключений зависит от сопротивлений резисторов R2 и R3.

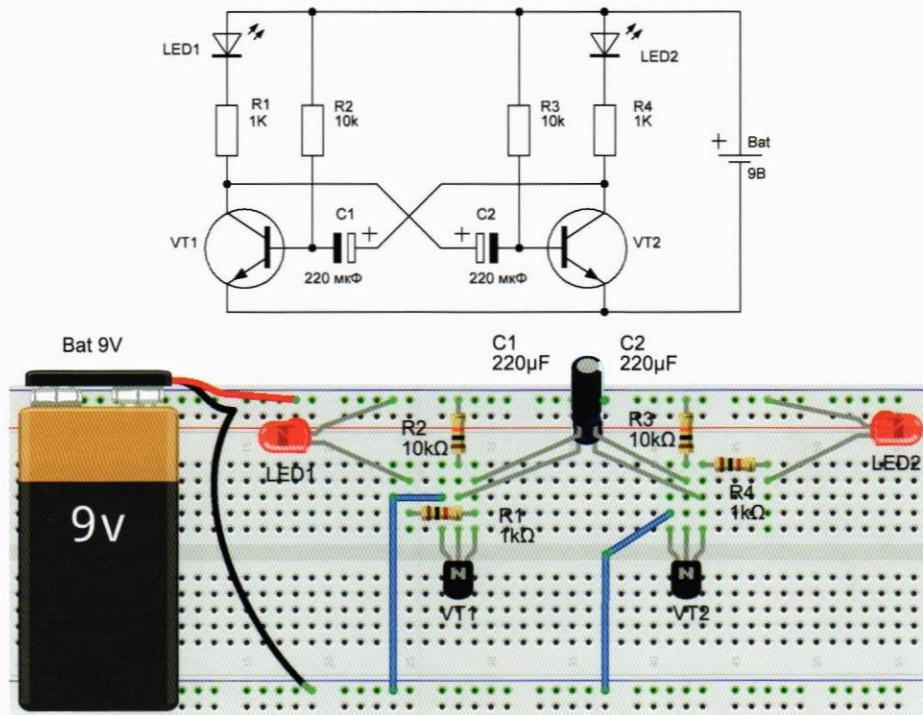


Рис.13. Мультивибратор

14. Генератор звука

Если в схеме мультивибратора из предыдущего эксперимента (рис. 12) ёмкости C_1 и C_2 уменьшить до 0.01...0.1 мкФ, транзисторы будут переключаться несколько сот или даже тысяч раз в секунду. Глаз уже не воспримет такую высокую частоту мерцания светодиодов, они будут казаться непрерывно горящими. Но у нас есть другой орган чувств – слух. Человек слышит колебания частотой от 20 Гц (20 колебаний в секунду) до 18 кГц (18000 колебаний в секунду). И если вместо светодиода поставить миниатюрный динамик, мы услышим звук, тональность которого зависит от емкостей конденсаторов и/или от сопротивлений R_2 и R_3 .

В отличие от зуммера В1, в котором имелся встроенный генератор, в динамической головке ВА1 никакого генератора нет, да он и не нужен: рассматриваемая нами схема сама является генератором.

Схема такого генератора звуковых частот показана на рис.14

Мы можем менять частоту звука, поставив вместо конденсаторов 10 нФ (0.001 мкФ – код на корпусе 103) конденсаторы 100 нФ (0.1 мкФ – код на корпусе 104). Обратите внимание: конденсаторы малой ёмкости (керамические, жёлтого цвета) не имеют полярности, их можно включать в любом направлении. Можно также вспомнить наши эксперименты с последовательным и параллельным подключением конденсаторов (раздел 7) и ещё раз проверить эти правила на практике.

Почему же светодиод LED1 горит непрерывно, а не мигает? На самом деле он мигает, только с частотой в несколько тысяч Герц (то есть несколько тысяч раз в секунду). Глаз неспособен уловить столь частое мерцание, поэтому светодиод и кажется светящимся постоянно. Но благодаря инерционности нашего зрения мы можем смотреть кино, а в противном случае воспринимали бы фильм как череду мелькающих картинок.

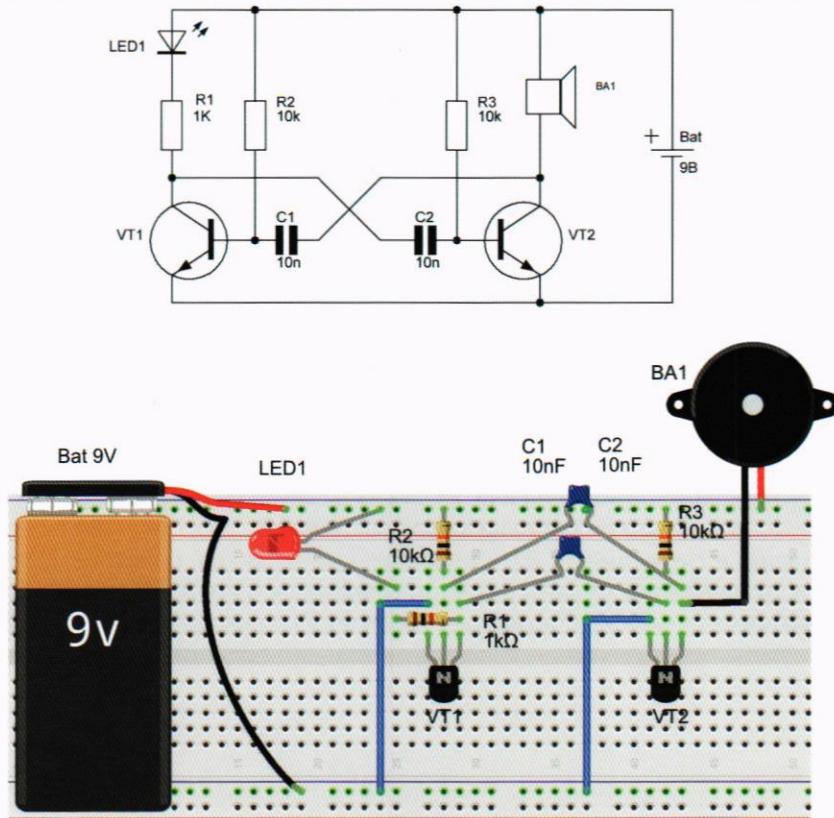


Рис.14. Генератор звуковой частоты

15. Простейший электромузыкальный инструмент

В предыдущем эксперименте мы изменяли частоту генератора конденсаторами. Но её можно изменять и сопротивлениями в базовых цепях транзисторов (например, R2): чем выше эти сопротивления, тем дольше будут проходить процессы заряда конденсаторов, и, следовательно, тем ниже будет частота переключения транзисторов. Давай модернизируем предыдущую схему: верхний по схеме вывод резистора R2 соедини не с «+» питания, а оставь его свободным. Теперь коснись одной рукой контакта «+» схемы, а другой – резистора R2. Ты услышишь звук, тональность которого будет меняться в зависимости от силы нажатия пальцами на сенсоры: у нас получился простейший электромузыкальный инструмент!

Происходит это потому, что кожа имеет сопротивление, и в результате последовательно с резистором R2 включается ещё одно сопротивление – кожи. Любопытно также и то, что сопротивление кожи меняется в зависимости от состояния нервной системы человека, и этот принцип можно использовать при построении детекторов лжи. Но эти схемы достаточно сложны, поэтому мы их собирать пока не будем.

Если вместо R2 подобрать несколько резисторов и включать их в схему разными кнопками, получится какое-то подобие фортепиано, на котором можно сыграть несколько простых мелодий.

Разумеется, можно поставить в схему вместо R2 и подстроечный резистор, только не забудь последовательно с подстроечным резистором подключить постоянный резистор сопротивлением 10 кОм: теперь даже при выведенном в ноль сопротивлении переменного резистора транзистор не выйдет из строя из-за слишком большого базового тока.

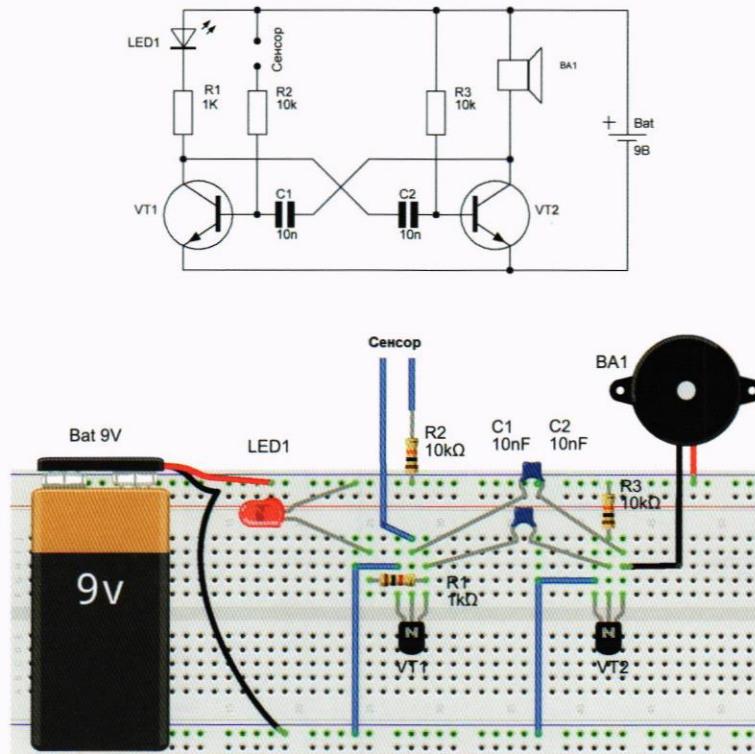


Рис.15. Простейший электромузикальный инструмент

16. Проверь свои знания

Закончив объяснение любой темы, учитель проводит проверку усвоенных знаний: в виде домашних заданий, контрольных работ, экзаменов и зачётов. Давай и мы будем следовать такой методике.

Ниже представлен ряд неправильных или неполных схем: они не будут работать совсем, или же будут работать некорректно. Попробуй исправить ошибки или дорисовать схемы!

Если ты не просто механически повторял все рассмотренные ранее эксперименты, а внимательно читал описания работы схем, тебе не составит никакого труда обнаружить и исправить ошибки в схемах этого раздела: в этой брошюре есть все ответы. Будет правильно, если ты не будешь подсматривать, но, конечно, проверить этого мы не можем. Но очень советуем тебе развивать в себе самоконтроль и внутреннюю дисциплину – это очень поможет в жизни!

1. Самая простая схема со светодиодом.

Но почему же он не горит?

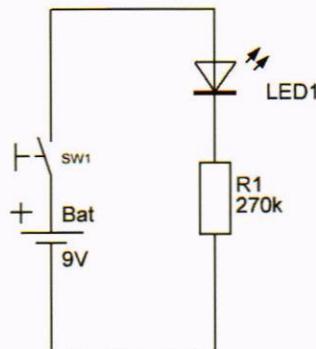


Рис. 16.1.
Найди ошибку!

2. Цепочка из последовательно соединённых конденсаторов. Казалось бы, всё верно... Почему же светодиоды не показывают процессов «заряд» и «разряд»?

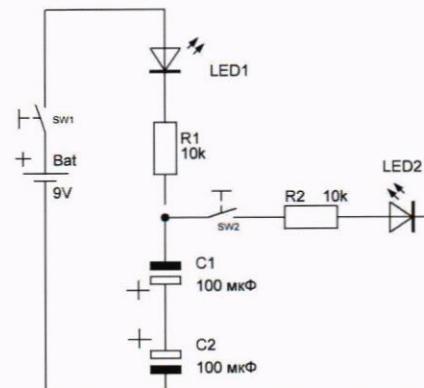


Рис. 16.2.
Найди ошибку!

3. Собрали схему на одном транзисторе, включили... но что-то пошло не так! В чём же дело?

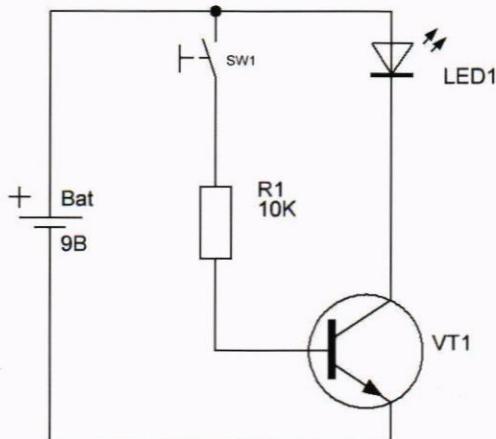


Рис. 16.3
Найди ошибку!

4. Мы собрали таймер на одном транзисторе, но ничего не получилось: после нажатия на кнопку SW1 светодиод зажигается мгновенно, а не с задержкой. Где-то закралась ошибка... на тебя вся надежда!

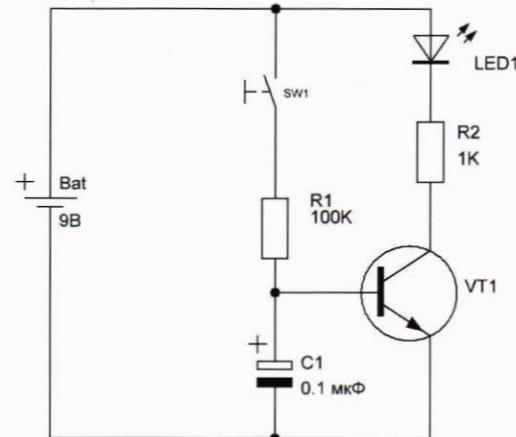


Рис. 16.4
Найди ошибку!

5. А это мультивибратор. Всем хорош! Особенno, если бы работал... Исправь ошибку в схеме!

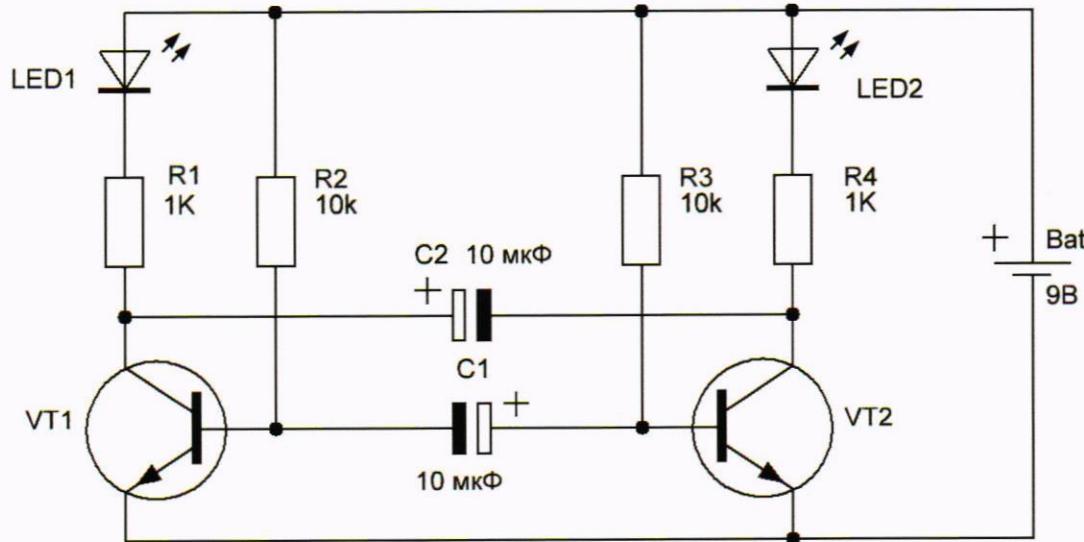


Рис. 16.5. Найди ошибку!

6. Мы хотим снова собрать прибор для проверки пультов и помним, что схема очень проста и содержит батарейку и четыре детали, показанные на рисунке ниже. Но сама схема утеряна! Давай попробуем восстановить схему.

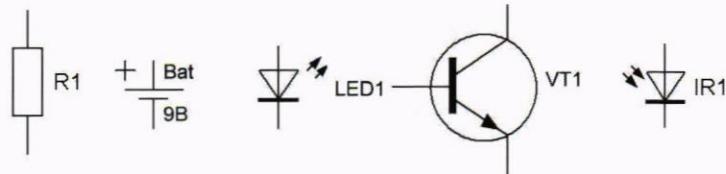


Рис. 16.6. Нарисуй схему!

7. Это схема генератора звука, только неполная. Но ты легко дорисуешь недостающие элементы!

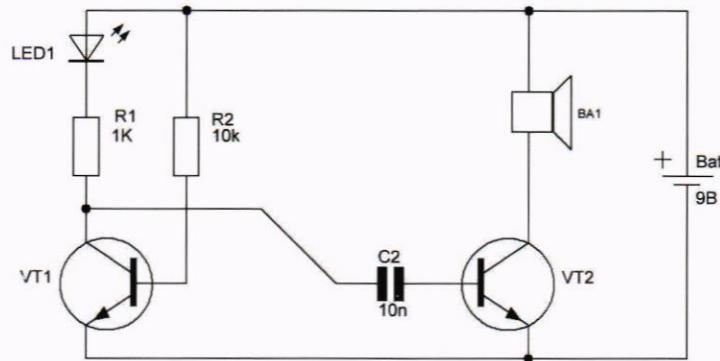
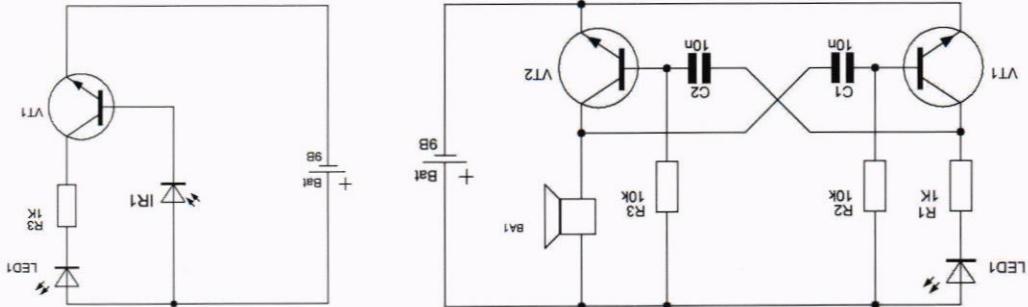


Рис. 16.7. Восстанови схему!



- Резистор R_1 в схеме усилителя имеет значение $-270\text{ k}\Omega$, нормальный ток в цепи базы первого транзистора $\sim 470\text{ }\mu\text{A}$:
- Коэффициент усиления первого каскада: это среднее значение $270\text{ k}\Omega$ делено на $10\text{ }\mu\text{A}$ (нормальный ток в цепи эмиттера):
- Среднее значение коэффициента усиления второго каскада: это среднее значение $270\text{ k}\Omega$ делено на $10\text{ }\mu\text{A}$ (нормальный ток в цепи эмиттера):
- Коэффициент усиления симметричного входа симметричного компаратора $\sim 1\text{ k}\Omega$:
- Несимметричный коэффициент усиления симметричного компаратора: это среднее значение $1\text{ k}\Omega$ делено на $10\text{ }\mu\text{A}$ (нормальный ток в цепи эмиттера):
- Суммарный коэффициент усиления симметричного компаратора: это среднее значение $1\text{ k}\Omega$ делено на $10\text{ }\mu\text{A}$ (нормальный ток в цепи эмиттера):

ОТВЕТЫ

Заключение

Надеюсь, что тебе было интересно изучать практическую электронику. Если это так, и ты действительно увлёкся новым для себя занятием – электроникой, то ставить точку и забрасывать в дальний угол макетную плату с деталями рано. Проведённые в этой брошюре эксперименты – это только начало большого пути. Даже из имеющегося в наборе ограниченного количества деталей можно придумать и собрать ещё десяток-другой простых схем. Но надо понимать, что при желании можно приобрести в радиомагазинах (или в интернет-магазине радиотоваров «Электронщик») новые типы деталей и собрать на макетной плате ещё более сложные и интересные схемы.

Идеи новых конструкций можно придумывать самому, а можно воспользоваться готовыми практическими схемами и обучающими материалами из книг и сети Интернет – в частности, и на нашем сайте www.masterkit.ru

Желаем тебе новых успехов в изучении электроники!

Мастер Кит



Азбука электронщика

Основы схемотехники

