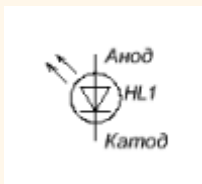




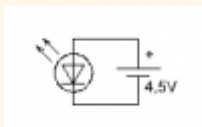
Как следует из названия - это в первую очередь диод, то есть прибор с односторонней проводимостью. Это отражено и в его УГО (Условном Графическом Обозначении), то есть значке, которым его изображают на принципиальных схемах. Он такой же, как и у диода, только в кружочке и дополненный стрелочками, изображающими излучение.



Но никакого "плюса" и "минуса", как часто говорят, у него нет. А есть "анод" и "катод". Любой диод проводит ток в направлении от анода к катоду. Другими словами, чтобы светодиод засветился, нужно подать на анод плюс источника питания, ну а на катод - минус.

Но светодиод в корне отличается от лампы накаливания тем, что для его питания главное не напряжение, а ток, через него протекающий. Как и у любой другой детали, у него существуют предельно допустимые электрические параметры. И главный из них - именно максимально допустимый ток. Для большинства светодиодов (не сверхъярких) он равен 20 мА, из такой величины и следует исходить при подключении светодиода неизвестного типа. Кроме этого, есть максимально допустимое обратное напряжение, которое превышать тоже нельзя.

Казалось бы, самая естественная схема включения светодиода - такая.



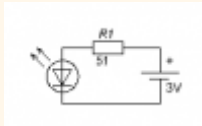
Именно так подключены светодиоды в китайских фонариках и брелоках: три пуговичных батарейки и синий или белый светодиод.

Но сколько он проработает в таком включении? Очень недолго. Ведь главный предельно допустимый параметр - ток - здесь ограничен только внутренним сопротивлением применённых батареек. Они просто не в состоянии выдать ток, способный моментально сжечь светодиод. Хотя, кроме перегорания, есть ещё одно неприятное свойство светодиодов, свойственное белым и синим (а также сверхъярким любого цвета) светодиодам: деградация кристалла и люминофора. Проявляется она в сильном снижении яркости свечения (при том же токе). Причём, если при номинальном рабочем токе, заявленном производителем, яркость ощутимо упадёт примерно через год непрерывной работы, и даже более, то при повышенном токе достаточно и четверти часа.

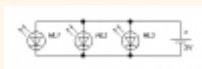
Поэтому не будем уподобляться неизвестным китайским ремесленникам и научимся правильно питать светодиоды.

Кроме источника питания и светодиода нам будет необходим ограничитель тока. В простейшем случае - обыкновенный резистор. Как его рассчитать? Да очень просто. У каждого светодиода есть прямое падение напряжения при рабочем токе, для светодиодов одного цвета оно примерно одинаково: для красных 1,8...2В, жёлтых и зелёных 2...2,4В, синих и белых 3...3,6В. Это данные

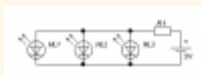
ориентировочные, лучше посмотреть по справочнику (даташиту) для конкретных светодиодов. Допустим, у нас есть зелёный светодиод и источник тока напряжением 3В. Почему именно столько? Да просто оно удобное: две пальчиковых батарейки. От одной батарейки светодиод не загорится: не хватит напряжения, а двух уже хватит. Пусть на нём падает 2 вольты и рабочий ток равен 20 мА. Тогда на нашем резисторе погасится $3В - 2В = 1В$, и согласно закону Ома ($R = U/I$) нужное сопротивление резистора будет 50 Ом. Поскольку такого сопротивления в стандартном ряду нет, берём ближайший в сторону увеличения - 51 Ом.



Просто, правда? Почему берём ближайший номинал именно в сторону увеличения? Да чтобы даже при небольшой ошибке в расчётах ток светодиода не превысил максимально допустимого. Но чтобы уж совсем быть уверенным, что наш светодиод будет работать долго, лучше при расчётах задаться током не максимальным для данного светодиода, а немного меньшим. Например, 15 мА вместо максимальных 20 мА. Не бойтесь, что он будет светить намного слабее: наш глаз устроен так, что видимая яркость светодиода снизится в два раза только при уменьшении тока примерно в пять раз! Аналогичной зависимости (которая носит название закона Вебера-Фехнера) подчиняются и все остальные наши органы чувств. Благодаря ей свечение сверхъяркого светодиода мы видим при токе в несколько микроампер, хотя реальная яркость (которую покажет измерительный прибор) в тысячи раз меньше рабочей. С одиночным светодиодом разобрались. А как быть, если их несколько? Лампочки соединяют параллельно.

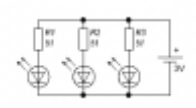


Светодиоды так соединять нельзя! Хотя китайцы в фонариках так и делают. Немного спасёт дело общий ограничительный резистор, но это тоже неверное решение.



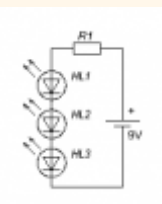
Дело в том, что существует технологический разброс прямого падения напряжения на светодиодах, и даже если их брать из одной партии (произведённых одновременно в одном технологическом цикле), он всё равно есть. В итоге у параллельно соединённых светодиодов будет разный ток. И тот, у которого он окажется больше всех, и превысит максимально допустимый, выйдет из строя раньше. Затем - следующий, но уже быстрее (т.к. ток распределится по оставшимся светодиодам и будет больше, чем раньше). И так запустится "цепная реакция" перегорания светодиодов, которую нередко можно наблюдать в дешёвых китайских фонариках, стОит только поставить туда батарейки помощнее 😊

Поскольку для питания светодиодов важнее обеспечить правильный ток, то и соединять их нужно последовательно. Но как быть, если напряжения источника питания не хватает даже для двух последовательно соединённых светодиодов? Тогда на каждый светодиод нужно ставить свой ограничительный резистор.

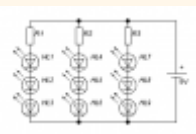


Последовательное соединение светодиодов предпочтительнее ещё и с точки зрения экономного расходования источника питания: вся последовательная цепочка потребляет тока ровно столько, сколько и один светодиод. А при параллельном их соединении ток во столько раз больше, сколько параллельных светодиодов у нас стоит.

Рассчитать ограничительный резистор для последовательно соединённых светодиодов так же просто, как и для одиночного. Просто суммируем напряжение всех светодиодов, отнимаем от напряжения источника питания получившуюся сумму (это будет падение напряжения на резисторе) и делим на ток светодиодов (обычно 15 - 20 мА). Всё!

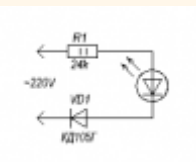


А если светодиодов у нас много, несколько десятков, а источник питания не позволяет соединить их все последовательно (не хватит напряжения)? Тогда определяем исходя из напряжения источника питания, сколько максимально светодиодов мы можем соединить последовательно. Например для 12 вольт - это 5 двухвольтовых светодиодов. Почему не 6? Но ведь на ограничительном резисторе тоже должно что-то падать! Вот оставшиеся 2 вольты ($12 - 5 \times 2$) и берём для расчёта. Для тока 15 мА сопротивление будет $2 / 0.015 = 133$ Ома. Ближайшее стандартное - 150 Ом. А вот таких цепочек из пяти светодиодов и резистора каждая, мы уже можем подключить сколько угодно! Такой способ называется параллельно-последовательным соединением.

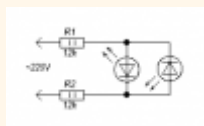


•

Ещё одна интересная тема - как запитать светодиод от сети 220 В. Например, воткнуть его для подсветки в выключатель. Казалось бы просто: ставим последовательно резистор, и всё. Но! Мы забыли ещё об одной важной характеристике светодиода: максимально допустимом обратном напряжении. У большинства светодиодов оно около 20 вольт. А при подключении его в сеть при обратной полярности (ток-то переменный, полпериода в одну сторону идёт, а вторую половину - в обратную) к нему приложится полное амплитудное напряжение сети - 315 вольт! Откуда такая цифра? 220 В - это действующее напряжение, амплитудное же в $\{\sqrt{2}\} = 1,41$ раз больше. Поэтому, чтобы спасти светодиод нужно поставить последовательно с ним диод, который не пропустит к нему обратное напряжение.



Или же поставить два светодиода встречно-параллельно.

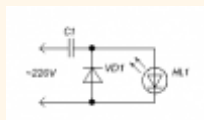


Вариант питания от сети с гасящим резистором не самый оптимальный: на резисторе будет выделяться значительная мощность. Действительно, если применим резистор 24 кОм (максимальный ток 13 мА), то рассеиваемая на нём мощность будет около 3 Вт! Можно снизить её в два раза, включив последовательно диод (тогда тепло будет выделяться только в течение одного полупериода). Диод должен быть на обратное напряжение не менее 400 В. При включении двух встречных светодиодов (существуют даже такие с двумя кристаллами в одном корпусе, обычно

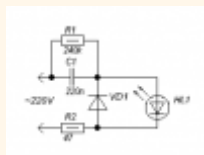
разных цветов, один кристалл красного свечения, другой зелёного) можно поставить два двухваттных резистора, каждый сопротивлением в два раза меньше.

Оговорюсь, что применив резистор большого сопротивления (например 200 кОм) можно включить светодиод и без защитного диода. Ток обратного пробоя будет слишком мал, чтобы вызвать разрушение кристалла. Конечно, яркость при этом весьма мала, но например для подсветки в темноте выключателя в спальне её будет вполне достаточно.

Благодаря тому, что ток в сети переменный, можно избежать ненужных трат электричества на нагрев воздуха ограничительным резистором. Его роль может выполнять конденсатор, который пропускает переменный ток, не нагреваясь. Почему так - вопрос отдельный, рассмотрим его позже. Сейчас же нам нужно знать, что для того, чтобы конденсатор пропускал переменный ток, через него должны обязательно проходить оба полупериода сети. Но ведь светодиод проводит ток только в одну сторону! Значит, поставим встречно-параллельно светодиоду обычный диод (или второй светодиод), он и будет пропускать второй полупериод.

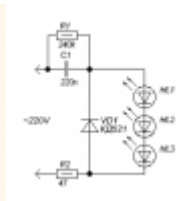


Но вот мы отключили нашу схему от сети. На конденсаторе осталось какое-то напряжение (вплоть до полного амплитудного, если помним, равного 315 В). Чтобы избежать случайного удара током, предусмотрим параллельно конденсатору разрядный резистор большого номинала (чтобы при нормальной работе через него тек незначительный ток, не вызывающий его нагрева), который при отключении от сети за доли секунды разрядит конденсатор. И для защиты от импульсного зарядного тока тоже поставим низкоомный резистор. Он также будет играть роль предохранителя, мгновенно сгорая при случайном пробое конденсатора (ничто не вечно, и такое тоже случается).

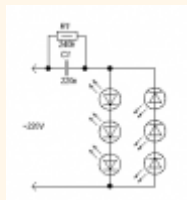


Конденсатор должен быть на напряжение не менее 400 вольт, или специальный для цепей переменного тока напряжением не менее 250 вольт.

А если мы хотим сделать светодиодную лампочку из нескольких светодиодов? Включаем их все последовательно, встречного диода достаточно одного на всех.



Диод должен быть рассчитан на ток, не меньший чем ток через светодиоды, обратное напряжение - не менее суммы напряжения на светодиодах. А ещё лучше взять чётное число светодиодов и включить их встречно-параллельно.



На рисунке в каждой цепочке нарисовано по три светодиода, на самом деле их может быть и больше десятка.

Как рассчитать конденсатор? От амплитудного напряжения сети 315В отнимаем сумму падения напряжения на светодиодах (например для трёх белых это примерно 12 вольт). Получим падение напряжения на конденсаторе $U_p = 303$ В. Ёмкость в микрофарадах будет равна $(4,45 \cdot I) / U_p$, где I - необходимый ток через светодиоды в миллиамперах. В нашем случае для 20 мА ёмкость будет $(4,45 \cdot 20) / 303 = 89 / 303 \approx 0,3$ мкФ. Можно