

Алексей Буйских | alexey.buyskih@eltech.spb.ru

Применение LED-драйверов Aimtec

для питания двух одинаковых светодиодных сборок

В статье описывается схема подключения двух светодиодных сборок, рассчитанных на одинаковые токи, к выходу LED-драйвера. Предлагаются два варианта схемы с использованием «токового зеркала». Приводится сравнительный анализ вариантов подключения светодиодов.

Повышенный интерес к светодиодам определяется их широким применением на практике. Они являются неотъемлемой частью новейших технических разработок: систем освещения, информационных панелей, цветных индикаторов, профильных шкал, систем сигнализации, светофоров для регулировки движения и т. д. В нашей стране к 2020 г. планируется перевести все уличное освещение на светодиодное. Уже сейчас в стадии реализации находится проект по переводу всей инфраструктуры освещения Российских железных дорог на светодиодные источники света.

Варианты подключения светодиодных модулей

Напомним, что светодиод — это нелинейный элемент (рис. 1), и его параметры зависят от ряда факторов, которые будут перечислены далее [1].

В качестве примера в статье будем рассматривать наиболее распространенные для применения в освещении светодиоды, рассчитанные на токи 350 и 700 мА и мощностью 1 и 4 Вт, а также LED-драйверы канадской компании Aimtec с аналогичными выходными токами [2].

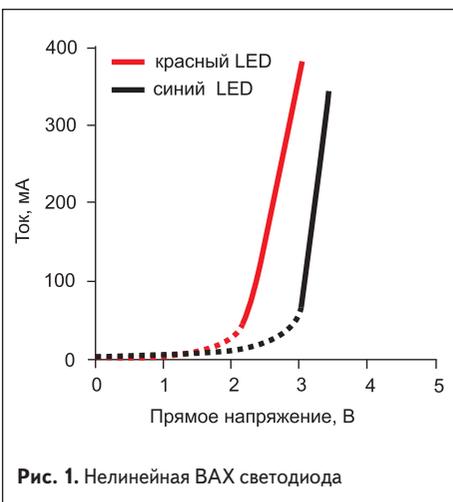


Рис. 1. Нелинейная ВАХ светодиода

Очень часто при проектировании светильников или другого светотехнического оборудования перед разработчиками встает проблема правильно запитать светодиодные модули, используя при этом минимальное количество LED-драйверов. При этом снижение себестоимости продукции не должно отразиться на ее надежности. Итак, как правильно запитать светодиодные модули?

Светодиодные модули возможно запитать несколькими способами [3]:

- Подключить модуль к источнику напряжения, предварительно установив в цепь резистор, тем самым ограничив ток до номинального значения светодиода (рис. 2).

Это самый простой вариант, однако не самый лучший. В процессе работы параметры светодиодов будут меняться. Протекающий через них ток также будет изменяться в зависимости от их внутреннего сопротивления по закону Ома при постоянном напряжении источника. При этом световой поток будет нестабильным

и зависящим от изменения протекающего тока, а также уменьшится период деградации параметров светодиодов.

- Для создания более «комфортного» для светодиодов режима работы рекомендуется запитывать их от источника тока (рис. 3).

В этом случае ток через все светодиоды сборки будет постоянным, заданным самим источником. Изменение внутреннего сопротивления светодиода, вызванное колебанием температуры, не приведет к изменению протекающего тока. Изменится лишь падение напряжения на светодиодной сборке. У всех источников тока Aimtec предусмотрен широкий диапазон выходных напряжений, который зависит от числа светодиодов в сборке и падения напряжения на них. Прямое падение напряжения зависит от типа светодиодов. Например, для мощных прямое падение напряжения при номинальном токе находится в диапазоне 2,2–6,4 В в зависимости от типа и цвета светодиода [2].

- При комбинированном способе сначала к сети подключается обычный источник напряжения AC/DC, далее к нему подсоединяется LED-драйвер DC/DC (источник тока).

При этом способе подключения ток через светодиодные сборки будет неизменен. Также схема позволяет создать общую шину (магистраль) постоянного напряжения (рис. 4), от которой будут

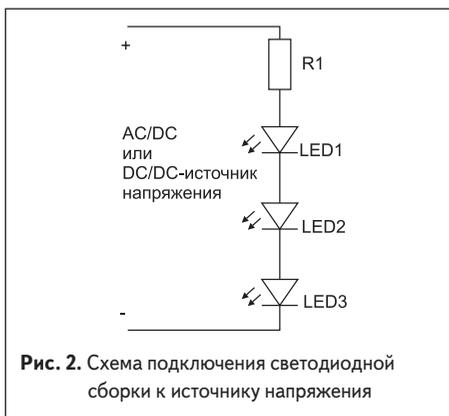


Рис. 2. Схема подключения светодиодной сборки к источнику напряжения

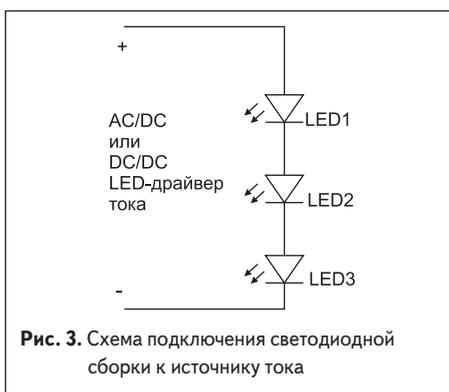


Рис. 3. Схема подключения светодиодной сборки к источнику тока

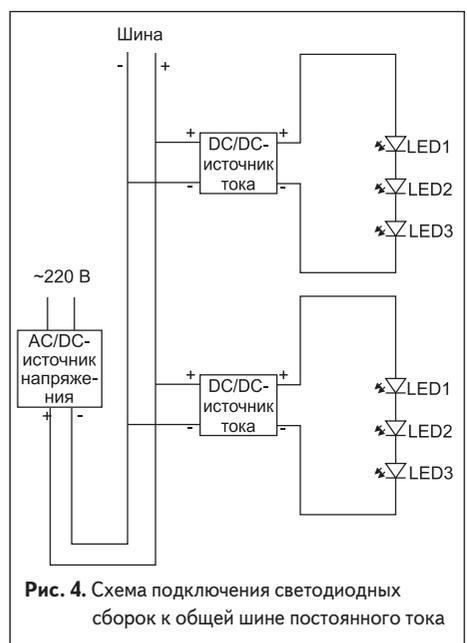


Рис. 4. Схема подключения светодиодных сборок к общей шине постоянного тока

запитаны DC/DC-драйверы тока, рассчитанные на разные токи, в зависимости от светодиодных модулей. Такая магистраль может иметь протяженность несколько десятков метров.

Светодиоды рекомендуется питать постоянным током, потому что в рабочем режиме ток у них экспоненциально зависит от напряжения (рис. 1), и даже незначительные изменения напряжения приведут к большим изменениям тока. Превышение допустимого значения прямого тока приводит к перегреву и, как следствие, к сокращению срока службы светодиода по причине деградации излучающих характеристик кристалла. Поэтому схемы на рис. 3 и 4 наиболее корректны.

Питание нескольких светодиодных сборок от источника тока

Рассмотрим подключение двух и более светодиодныхборок к источникам тока, являющиеся наиболее «мягким» для светодиодов. Возможны несколько вариантов:

- подключение каждой сборки к своему источнику (LED-драйверу);
- последовательное соединение светодиодныхборок и подключение к источнику тока, рассчитанному на большое выходное напряжение;
- параллельное подключение несколькихборок напрямую к одному, более мощному источнику тока;
- попарное подключениеборок к источнику тока через дополнительную схему («токовое зеркало»), обеспечивающую защиту сборки [4].

Первый вариант является наиболее затратным, зато позволяет точно стабилизировать протекающий ток через каждый светодиодный кластер.

Во втором варианте, при наличии большого количества светодиодов в сборке, потребуется источник с высоким выходным напряжением, с учетом суммы падений напряжений на каждом из светодиодов, включенных в цепочку. Такие источники дорогостоящие и не всегда доступны.

В третьем варианте не учитывается разница протекающих токов в параллельных ветвях. Различие в токах связано с изначальным, заводским разбросом параметров светодиодов, а также с неравномерным изменением параметров каждого из светодиодов с течением времени. Кроме того, токи будут отличаться из-за разного падения напряжения на каждом из светодиодов в зависимости от цвета и температуры нагрева каждого из светодиодных кристаллов. Также, в случае включения светодиодов разных цветов, прямое падение напряжения на каждом из них будет зависеть от материала излучающей структуры кристалла [2] и температуры нагрева. Еще один минус этой схемы — отсутствие защиты: в случае повреждения одной изборок через вторую будет протекать весь оставшийся ток, что приведет к выходу из строя светодиодной сборки.

Для выравнивания токов предлагаются еще один, четвертый, вариант и две принципиальные схемы включения с использованием схемы деления токов

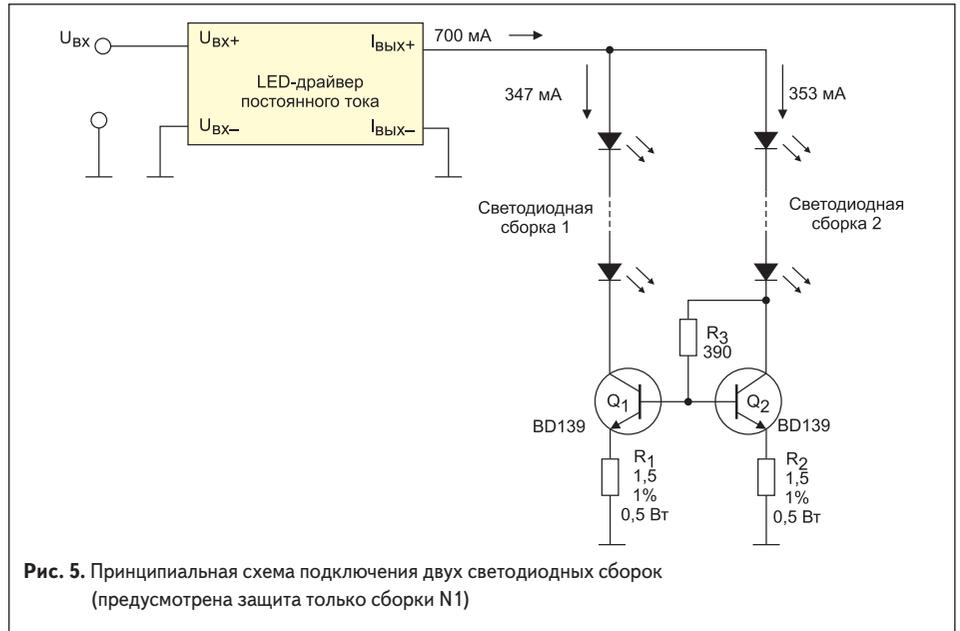


Рис. 5. Принципиальная схема подключения двух светодиодныхборок (предусмотрена защита только сборки N1)

(«токового зеркала») при параллельном подключении двух светодиодныхборок по 350 мА к источнику тока на 700 мА. Количество светодиодов в сборке ограничивается мощностью и напряжением источника тока. В схемах предусмотрена защита от превышения тока через сборку.

Первый вариант схемы включения представлен на рис. 5.

Схема собрана на основе «токового зеркала», которое предполагает включение транзисторов в режиме источников тока. Для выравнивания температуры транзисторов и обеспечения минимальной разницы токов между светодиоднымибороками оба транзистора должны устанавливаться на один радиатор. Чтобы получить токи с максимальным разбалансом в 2% между ветвями, необходимо применять резисторы R1, R2 суммарной погрешностью 2%. Оптимальный вариант возможен при применении резисторов с точностью 1%. Напряжение, падающее на R3, компенсирует разницу в падении напряжений на светодиодныхбороках, тем самым стабилизируя работу транзисторов в линейном режиме. Величина падения напряжения вбороках зависит от количества и типа светодиодов.

В этой схеме предусмотрена защита только первой сборки светодиодов. Если во второй выходит из строя светодиод, то без тока базы транзисторы Q1 и Q2 отключаются, происходит автоматическое отключение первой сборки. Если же вышел из строя светодиод первой сборки, то весь ток 700 мА течет через вторую светодиодную сборку, что может привести к выходу ее из строя. При этом увеличивается яркость свечения светодиодной сборки 2.

Данный режим работы возможен лишь для мощных светодиодов, максимальные прямые токи которых составляют не менее 700 мА [2].

Повышение прямого тока в два раза дает прирост интенсивности свечения также почти в два раза. Но это верно лишь при температуре перехода +25 °С. В реальных условиях температура кристалла будет значительно выше,

что приведет к снижению его излучательной способности. Обратная зависимость интенсивности излучения от температуры перехода имеет практически линейную форму. Нарушение теплового режима (обычно это работа с температурой перехода более +120...+125 °С) может привести к снижению срока службы до 10 раз. Кроме того, повышение температуры перехода приводит к снижению яркости свечения и изменению пиковой длины волны светодиода. Этот процесс обусловлен деградацией излучающей структуры кристалла светодиода.

При деградации излучающей структуры возрастает ток утечки. То есть значительная часть тока начинает проходить не через те участки кристалла, которые излучают свет. В результате уменьшается напряжение на электродах светодиода, а значит, уменьшается мощность. Эту особенность, снижение напряжения на деградировавшем светодиоде, можно использовать для автоматического отключения вышедшего из строя светодиода. Кроме того, скорость деградации светодиода значительно увеличивается при повышении силы тока выше номинального значения, а также при повышении температуры. Обычно светодиодные светильники проектируют так, чтобы температура перехода в рабочем режиме не превышала +80 °С. При температуре перехода +75...+80 °С интенсивность свечения падает примерно до уровня 85% от интенсивности свечения при температуре перехода +25 °С. Поэтому применение схемы, показанной на рис. 5, особенно в герметичных светильниках, крайне нежелательно. При использовании этой схемы светодиоды необходимо выбирать с запасом по току, что, в свою очередь, увеличивает стоимость светильника.

В схеме, изображенной на рис. 6, устранен предыдущий недостаток. За счет использования транзистора Q3 осуществляется дополнительная защита светодиодной сборки 2 от превышения тока. В нормальном режиме транзистор Q3 работает в линейном режиме, с напряжением коллектор–эмиттер 0,7 В. При этом оба диода D1 и D2 смещены в прямом направлении.

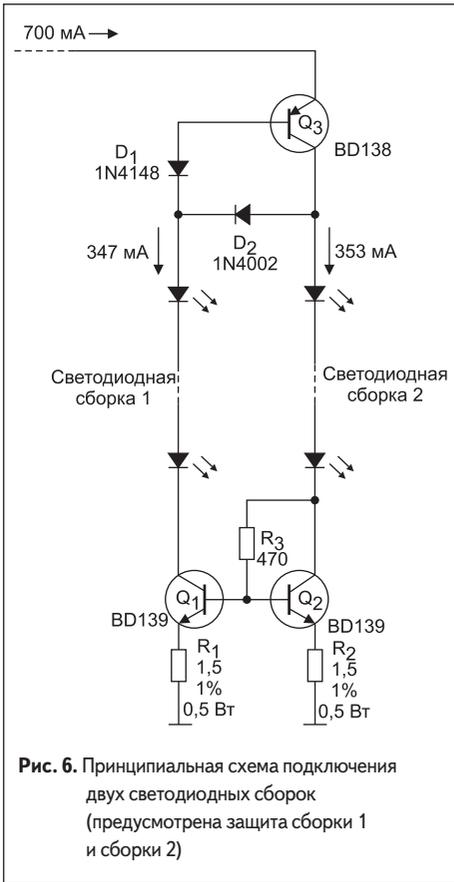


Рис. 6. Принципиальная схема подключения двух светодиодных сборок (предусмотрена защита сборки 1 и сборки 2)

Мощность рассеивания Q3 составляет около 0,5 Вт, поэтому установка радиатора не требуется. Ток 700 мА от источника, проходя через коллектор транзистора, разделяется поровну между светодиодной сборкой 2 и управляющим диодом D2 в соответствии с токораспределением «токового зеркала». При повреждении светодиода в модуле 1 диод D2 блокирует базовый ток Q3, транзистор запирается, тем самым предотвращая протекание повышенного тока через модуль 2. Если во 2-м модуле выходит из строя светодиод, то без тока базы транзисторы Q1 и Q2 мгновенно отключаются, происходит автоматическое отключение модуля 1.

Схемные решения, представленные на рис. 5 и 6, можно применять с AC/DC или DC/DC LED-драйверами с выходным током 700 мА. Кроме того, схемы с применением «токового зеркала» можно адаптировать для подключения любых типов светодиодов. Для этого необходимо подобрать параметры используемых компонентов в соответствии с параметрами подключенных светодиодных сборок.

Характеристики LED-драйверов Aimtec

Компания Aimtec выпускает AC/DC-драйверы тока, рассчитанные на мощности 2,9–65,7 Вт и с диапазонами выходных напряжений от 2–4 до 65–90 В. Также в номенклатуре Aimtec имеются DC/DC-драйверы тока мощностью 19,6–40 Вт и диапазоном выходных напряжений 2–57 В.

В таблицах 1 и 2 приведены данные о максимально допустимом числе светодиодов в сборках,

Таблица 1. AC/DC LED-драйверы Aimtec с выходным током 700 и 350 мА*

Наименование источника	Мощность, Вт	Выходное напряжение, В	Максимальное допустимое количество мощных 1-Вт светодиодов Brightek в каждом модуле** (350 мА), шт.	
			Серии: K1, 3535-ВР, 5252-ВР (зеленый и синий цвет); прямое падение напряжения 3,2–3,4 В	Модель 5252-ВР-Р (красный цвет); прямое падение напряжения 2,2 В
AMEPR3-0470KZ, AMER3-0470KZ	2,9	2–4	1	1
AMER4-1230KZ, AMEPR4-1270KZ	4,2	2–12	3	5
AMEGR8-1230KZ, AMEPR8-1270KZ	8,8	2–12	3	5
AMEGR17-2470KZ	17,5	12–24	6	10
AMEGR25-3670KZ	26,3	19–36	10	16
AMEGR25-3670KZ-C1		25–36		
AMEPR30-5070AZ	35	36–50	14	22
AMEGR34-4870KZ		25–48	13	21
AMER63-0470KZ	65,7	65–90	25	40

Примечание: * – выходной ток 350 мА для AC/DC-драйверов типа AMER4-1230KZ и AMEPR4-1230KZ; ** – один модуль на 350 мА, подключаемый к AMER4-1230KZ и AMEPR4-1230KZ.

Таблица 2. DC/DC LED-драйверы Aimtec с выходным током 700 мА

Наименование источника	Мощность, Вт	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Максимальное допустимое количество мощных 1-Вт светодиодов Brightek в модуле (350 мА), шт.	
				Серии: K1, 3535-ВР, 5252-ВР (зеленый и синий цвет); прямое падение напряжения 3,2–3,4 В	Модель 5252-ВР-Р (красный цвет); прямое падение напряжения 2,2 В
AMLDI-3070Z, AMLDW-3070Z	19,6	7–30	2–28	8	12
AMLD-3670IZ	22,4	5–36	2–32	9	14
AMLDV-4870-NZ	25	5,5–48	3,3–36	10	16
AMLB-3670Z	33,6	9–36	14–48	13	21
AMLD-6070Z	40	7–60	2–57	16	25

подключаемых по схемам «токового зеркала» (рис. 5 и 6) к одному LED-драйверу Aimtec [5, 6]. В качестве примеров использованы светодиоды компании Brightek с током 350 мА.

При выборе количества светодиодов в сборке необходимо обращать внимание на их цвет, поскольку от него может зависеть величина прямого падения напряжения на светодиоде, даже если светодиоды принадлежат одной серии. Например, в таблицах 1 и 2 видно, что для светодиодов серии 5252-ВР компании Brightek величина прямого падения напряжения на светодиоде красного цвета отличается от этого значения для светодиодов других цветов [7].

В заключение повторим, что существует несколько вариантов подключения светодиодов:

- Самый простой — подключение каждой светодиодной сборки к своему маломощному источнику. Преимущества данной схемы — возможность контроля и управления токов отдельно на каждой сборке. Недостаток — высокая стоимость, связанная с большим количеством используемых маломощных источников тока.
- Еще один простой вариант — без применения дополнительных схем, но с применением нестандартных LED-драйверов с высоким выходным напряжением. Так, например, последовательное соединение светодиодных сборок (рис. 3). При этом снижается надежность и возникают трудности в поиске LED-драйверов на высокие выходные напряжения.
- Без применения дополнительных схем, параллельное соединение светодиодных сборок, с использованием стандартных LED-драйверов со стандартным выходным напряжением. Например, для LED-драйверов

компании Aimtec диапазон выходных напряжений от 2–4 до 65–90 В. Недостатком данных схем, как отмечалось выше, будет неравномерное распределение токов в зависимости от параметров светодиодов и, как следствие, ускоренная деградация светодиодов.

- С применением дополнительных схем, а именно «токового зеркала» (рис. 5, 6). Позволяет достичь наилучшего результата благодаря равномерному распределению токов в параллельных ветвях. Удастся снизить затраты за счет применения одного, более мощного источника на две сборки вместо двух маломощных, как предлагалось в первом варианте. Еще одним плюсом данных схем является защита светодиодов.

Из представленных 4 вариантов разработчик может выбрать наиболее оптимальный для конкретного случая с учетом надежности и экономичности.

Литература

1. http://www.ylati.ru/svetodiodyi.html#ustroistvo_led
2. <http://www.eltech.spb.ru/news.html?nid=1064>
3. Друзь А. Чем питать светодиоды от сети 220 В // Мир электронных компонентов. 2010. № 1. http://www.eltech.spb.ru/pdf/almanah/alm_2010_1_11.pdf
4. http://www.nxtbook.com/nxtbooks/ubm/edn_20110623/#/48
5. <http://www.aimtec.com/index.aspx?a=Product.List&ConverterTypeId=10>
6. <http://www.aimtec.com/index.aspx?a=Product.List&ConverterTypeId=5>
7. <http://www.brightekeurope.com/productcart/pc/viewCategories.asp?idCategory=647>
8. <http://www.eltech.spb.ru/webinars.html>