

Крис Глейзер (Chris Glaser) | Джим Чен (Jim Chen)

Повышение КПД драйверов светодиодов без измерительного резистора

В контексте решения задачи по повышению КПД драйверов светодиодов в портативных изделиях описывается метод стабилизации напряжения, известный как «измерение в верхнем плече». Этот метод позволяет избавиться от вносящего потери измерительного резистора, используя вместо него полевой МОП-транзистор.

В отличие от большинства DC/DC-преобразователей, стабилизирующих выходное напряжение, драйвер светодиода (СД) стабилизирует ток, протекающий через СД и пропорциональный световому потоку, который является ключевым конструктивным параметром драйвера. Традиционно стабилизация выходного тока достигалась путем стабилизации напряжения на дискретном токоизмерительном резисторе. Но поскольку для получения измеримого напряжения на резисторе приходилось пропускать через него весь ток СД, этот резистор был существенным источником потерь. В настоящей статье рассматривается метод стабилизации тока СД, не требующий использования вносящего потери токоизмерительного резистора и позволяющий повысить КПД драйвера, что важно в портативных бытовых и медицинских изделиях.

Световой поток СД пропорционален току через него. Таким образом, для регулирования светового потока необходимо регулировать ток СД. Кроме того, обычно пользователи хотят иметь возможность динамически изменять световой поток работающего изделия — например, чтобы настраивать яркость подсветки экрана смартфона или глюкометра для лучшей читаемости на ярком свете или ночью. Регулирование яркости требует стабилизации тока СД в узких пределах, чтобы можно было незначительно изменять световой поток, исходя из условий окружающего освещения.

Стабилизация с использованием измерительного резистора

Точная стабилизация выходного тока представляет проблему для большинства DC/DC-преобразователей, которые, как правило, рассчитаны на стабилизацию выходного напряжения. Чтобы измерить выходной ток, обычно необходимо создать и измерить падение напряжения на чувствительном элементе или же измерить магнитное поле, образуемое протекающим током, с помощью датчика Холла. Датчики Холла громоздки, дороги и не подходят для применения в портативных изделиях. При измерении напряжения на измерительных резисторах в системе возникают дополнительные потери, в результате чего растут тепловыделение и температура и сокращается время работы изделия от батареи.

Измерение тока через СД с помощью измерительного резистора часто выбирают из-за простоты этого подхода, поскольку через измерительный резистор протекает постоянный ток и точность измерения может быть высокой. Но измерительный резистор снижает КПД.

На рис. 1а показана типовая блок-схема светодиодного драйвера, в котором ток стабилизируется с помощью измерительного резистора. Напряжение на измерительном резисторе сравнивается с опорным напряжением V_{REF} компаратором на операционном усилителе (ОУ). ОУ управляет силовым каскадом, который преобразует входное напряжение V_{IN} в выходной ток I_{OUT} .

Полевой МОП-транзистор в силовом каскаде

Более эффективный подход — измерять ток СД в силовом каскаде. В силовых каскадах драйверов светодиодов между V_{IN} и СД почти всегда имеется как минимум один полевой МОП-транзистор, играю-

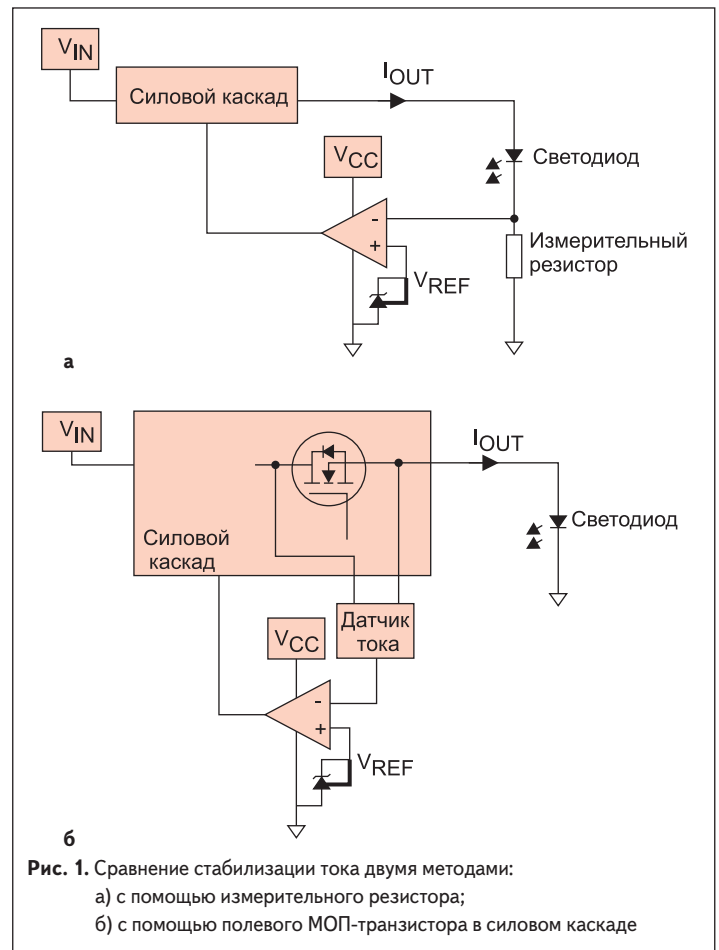
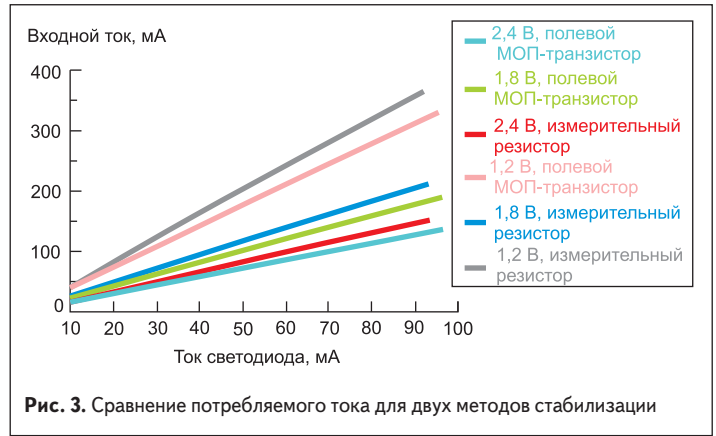
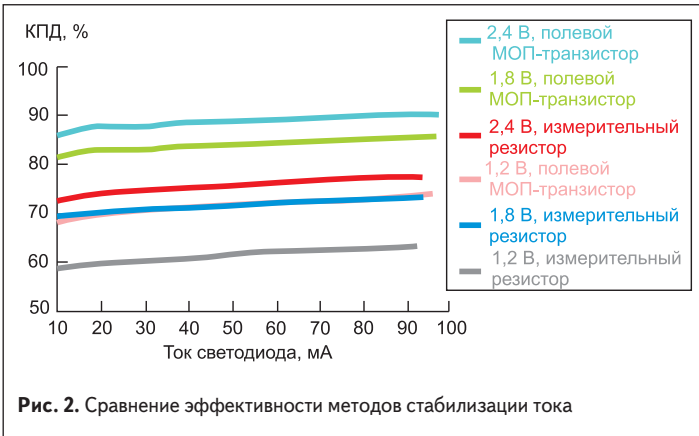


Рис. 1. Сравнение стабилизации тока двумя методами:

- с помощью измерительного резистора;
- с помощью полевого МОП-транзистора в силовом каскаде



ший роль ключа в выбранной схеме преобразования энергии. А раз он есть, то его (или включенный параллельно ему измерительный полевой МОП-транзистор меньшей мощности) можно одновременно использовать для измерения протекающего тока. В отличие от традиционного подхода с дискретным измерительным резистором, через который протекает постоянный ток, через полевой МОП-транзистор обычно течет переменный ток. Поэтому для выработки эквивалентного тока через светодиод токовый сигнал транзистора подвергается дальнейшей обработке. Такая схема показана на рис. 1б.

Этот подход — так называемое «измерение в верхнем плече» — позволяет избавиться от измерительного резистора и вносимых им в систему потерь, давая при этом возможность соединить катод СД с общим проводом. Данный вариант в общем случае предпочтителен, так как общий провод системы зачастую имеет большую площадь и отлично подходит для рассеивания тепла, которое вырабатывается светодиодом. За счет этого снижается температура СД, а следовательно, продлевается срок его службы. К тому же благодаря устранению измерительного резистора как одного из источников потерь повышается КПД системы. Но схема с операционным усилителем и датчиком тока оказывается сложнее, чем в случае с измерительным резистором, ведь она должна выдерживать синфазные напряжения, возникающие при измерении в верхнем плече.

Сравнение методов

Чтобы адекватно сравнить методы стабилизации тока драйвера СД с использованием измерительного резистора и полевого МОП-транзистора в силовом каскаде, СД и силовой каскад в обоих случаях должны быть одинаковыми. Повышающий преобразователь TPS61260 поддерживает оба метода. Поскольку в обеих схемах используется один и тот же преобразователь, силовой каскад также остается неизменным. Он рассчитан на повышение входных напряжений 1,2, 1,8 и 2,4 В для питания одного СД с регулированием яркости током от 10 до 100 мА. Прямое напряжение СД при токе 100 мА равняется приблизительно 3,1 В. Цепь с операционным усилителем и датчиком тока для стабилизации тока по методу с полевым МОП-транзистором в силовом каскаде уже встроена в микросхему TPS61260, поэтому проектировщику не приходится решать сложные задачи, связанные с ее разработкой.

Для вычисления КПД необходимо рассчитать мощность, поступающую на СД, и разделить ее на среднюю входную мощность. Поскольку выходная мощность определяется прямым напряжением СД и током через него, потери в измерительном резисторе снижают выходную мощность, а с ней и КПД. По прямому напряжению СД можно точно рассчитать КПД системы; потери в резисторе — это реальные потери системы, потому что рассеиваемая на нем мощность не используется для генерации света. А выходное напряжение драйвера не может использоваться для точного расчета КПД, так как оно складывается из прямого напряжения СД и падения напряжения на измерительном резисторе.

На рис. 2 сравнивается КПД, а на рис. 3 — входной ток для двух методов стабилизации. Падение напряжения на измерительном резисторе (0,5 В), которое стабилизирует микросхема TPS61260, суще-

ственно по сравнению с прямым напряжением СД (3,1 В), поэтому КПД схемы с измерительным резистором оказывается значительно ниже (более чем на 10%). В итоге при заданном значении светового потока эта схема потребляет больший ток, сокращая время работы системы от батареи.

В обоих случаях ток СД уменьшается относительно максимального уровня (100 мА) с помощью ШИМ-регулирования. Обе кривые характеризуются высокой линейностью с некоторым отклонением от идеальной кривой (рис. 4). Таким образом, измерение тока СД с помощью полевого МОП-транзистора в силовом каскаде обеспечивает такую же линейность регулирования яркости, как и метод с измерительным резистором. Это позволяет пользователю столь же эффективно регулировать световой поток в зависимости от условий окружающего освещения.

Драйвер СД без традиционного измерительного резистора обеспечивает более высокий КПД, если использовать для измерения тока полевой МОП-транзистор, имеющийся в силовом каскаде. В результате схема упрощается за счет исключения измерительного резистора, а также появляется возможность соединить катод СД с общим проводом для повышения эффективности отвода тепла и продления срока службы СД. За счет повышенного КПД обеспечивается более длительная работа от батарей портативного бытового и медицинского оборудования, в котором используется один драйвер светодиода.

