

Выбор наилучшей топологии

для электронных устройств со сверхъяркими светодиодами

Многие считают, что дни обыкновенной лампочки накаливания сочтены. За последний век этот вид источника света выдержал испытание временем и стал стандартом для большинства применений. Но новые технологии, основанные на светоизлучающих диодах (LED), настолько хороши, что специалисты прогнозируют скорую замену как ламп накаливания, так и люминесцентных ламп.

Сильвестро Фимиани
(Silvestro Fimiani)

Перевод:
Геннадий Бандура

support@macrogroup.ru

В наше время растущие цены на электрическую энергию заставляют потребителя пристальнее изучать свой бюджет энергопотребления, и в нем технологии ламп накаливания имеют не самую лучшую энергетическую эффективность. Примерно 97% потребленной лампочкой накаливания энергии уходит в тепло. С люминесцентными лампами дело обстоит лучше, но и они превращают в тепло порядка 85% потребляемой энергии. Более того, время работы лампочки накаливания составляет всего 2000 часов. К тому же люминесцентная технология использует токсичную ртуть и излучает резкий и неприятный для глаз свет. Ни одна из двух перечисленных технологий не может сравниться со светоизлучающими диодами по времени работы, экологичности и способности обеспечить практически любой цвет излучения. Более того, КПД светодиодных све-

Таблица 1. Сравнение технологий

Технология	КПД	Использование ртути	Время работы, ч	Цвет
Накаливания	3%	Нет	2000	Теплый желтый
Люминесцентная	15%	Да	7500	Холодный
Светодиоды	12–20%	Нет	50 000	Любой

тильников стоит на одном уровне с люминесцентной технологией.

Как результат, переход на LED-технологии освещения может значительно снизить энергопотребление. Исследования, проведенные Департаментом по энергии США (U. S. Department of Energy), показали, что широкое внедрение LED-технологии к 2025 году может снизить энергопотребление на 10% и уменьшить суммарные счета за электричество на \$100 млрд. Эта экономия позволит снизить выбросы углекислого газа с электростанций на 350 мегатонн в год. Этот факт был взят на заметку многими странами. Австралия уже объявила программу по снижению использования технологии ламп накаливания и перехода на эффективную LED-технологии.

Кроме всего сказанного, источники питания для светодиодов привлекательны и с точки зрения разработчиков. Так как источники света на светодиодах чаще всего не дают потребителю доступ к схеме, то разработчики могут пользоваться неизолированными источниками питания типа buck и buck-boost. Оба этих типа исключают необходимость использования трансформатора и имеют множество достоинств. В данной статье мы сравним их и выясним, в чем преимущества и недостатки каждого.

Две топологии

На рис. 1 показана микросхема LinkSwitch-TN в схемах преобразователей buck (a) и buck-boost (b). Микросхемы этого семейства намного упрощают схему благодаря тому, что они уже содержат силовую MOSFET-транзистор, генератор, простую схему контроля включения, высоковольтный источник пи-

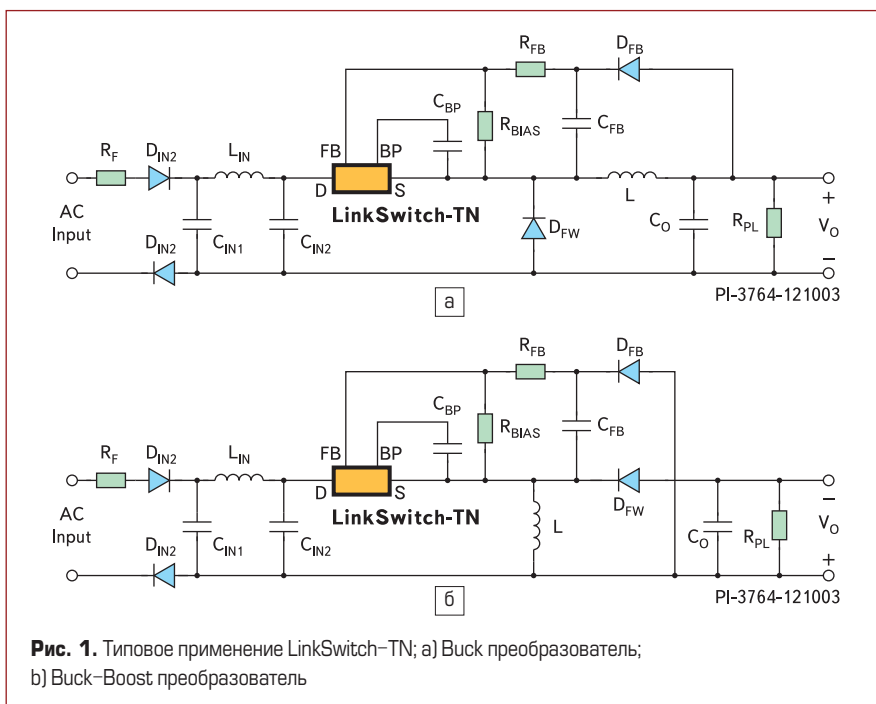


Рис. 1. Типовое применение LinkSwitch-TN; а) Buck преобразователь; б) Buck-Boost преобразователь

тания, технологию снижения ЭМП за счет дробления частоты, схему ограничения тока и тепловую защиту. Микросхемы LinkSwitch-TN запитываются сами от стока своего транзистора и тем самым делают ненужной внешнюю схему питания. Спроектированные для замены линейных и емкостных источников питания с током до 350 мА, микросхемы имеют прекрасные рабочие характеристики и высокий КПД.

Buck-преобразователь на рис. 1 обладает некоторыми преимуществами. Эта схема делает максимальной выходную мощность для выбранной микросхемы LinkSwitch-TN и дросселя. Кроме того, она уменьшает нагрузку на ключ микросхемы и силовой диод, а среднеквадратический уровень тока через дроссель немного меньше, чем в преобразователе buck-boost.

Преобразователь buck-boost имеет одно большое преимущество перед buck-преобразователем — выходной диод включен последовательно с нагрузкой. В buck-преобразователе в случае выхода из строя транзистора вход оказывается подключенным к выходу напрямую. А в buck-boost в этом случае диод блокирует путь между входом и выходом ИП.

В обеих схемах входное переменное напряжение выпрямляется и фильтруется элементами D1, D2, C1, C2, RF1 и RF2. Два диода увеличивают напряжение пробоя и уменьшают ЭМИ. В качестве RF1 необходимо использовать резистор с функцией плавкой вставки. Релейный метод управления в LinkSwitch-TN позволяет поддерживать требуемое напряжение на выходе. Как только ток вывода FB достигнет 49 мкА, следующий рабочий цикл пропускается.

Минимизация тепловыделения

Управление тепловыделением — это непростая задача для проектировщиков даже при использовании LED. Как пример, используя технологии с большим, чем у ламп накаливания КПД, схема мощностью 3 Вт на светодиодах может поднять температуру достаточно высоко и повредить устройство. Более того, интегрирование схемы питания в узкие рамки стандарта GU10 (форм-фактор лампы накаливания) предусматривает соблюдение строгих норм по тепловыделению. В топологиях, показанных выше, микросхема LinkSwitch-TN позволяет защитить светодиоды благодаря наличию схемы тепловой защиты, которая отключит силовой транзистор, если температура превысит 142 °С, и автоматически включит его снова, как только температура опустится до 75 °С.

Топология buck-boost обеспечивает меньший КПД, чем топология buck. Соответственно, она генерирует больше тепла при работе.

Таблица 2. Температура истока как функция от входного напряжения

V _{in} (VAC)	Температура вывода «исток», °С
85	81
115	82
230	97
265	103

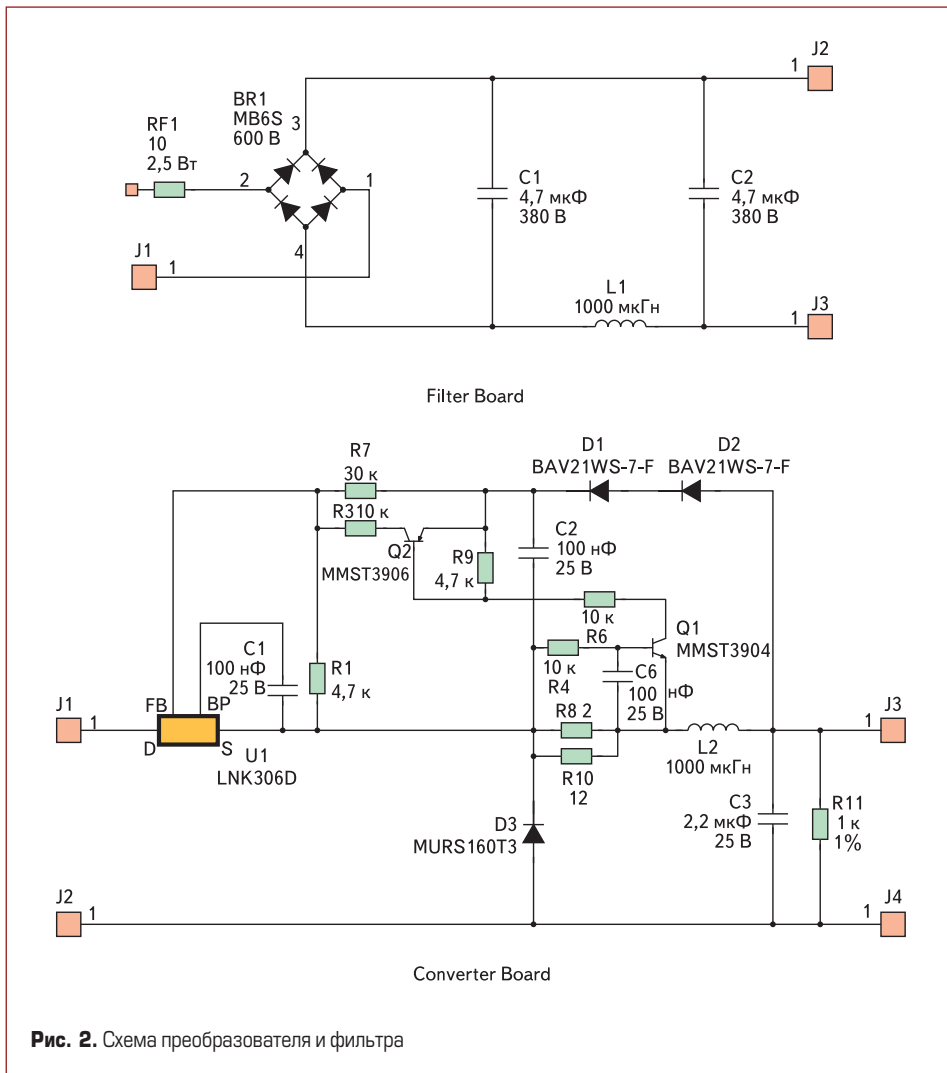


Рис. 2. Схема преобразователя и фильтра

Чтобы убедиться, что топологии схем полностью соответствуют необходимым требованиям, разработчики Power Integrations при измерении температуры истока помещали схему в корпус, по размерам соответствующий обычной лампе

накаливания. Схема была спроектирована для обеспечения в нагрузке тока 330 мА, то есть для питания 3 последовательно включенных светодиодов. Диапазон входных питающих напряжений универсален и составляет 85–265 В перем. тока.

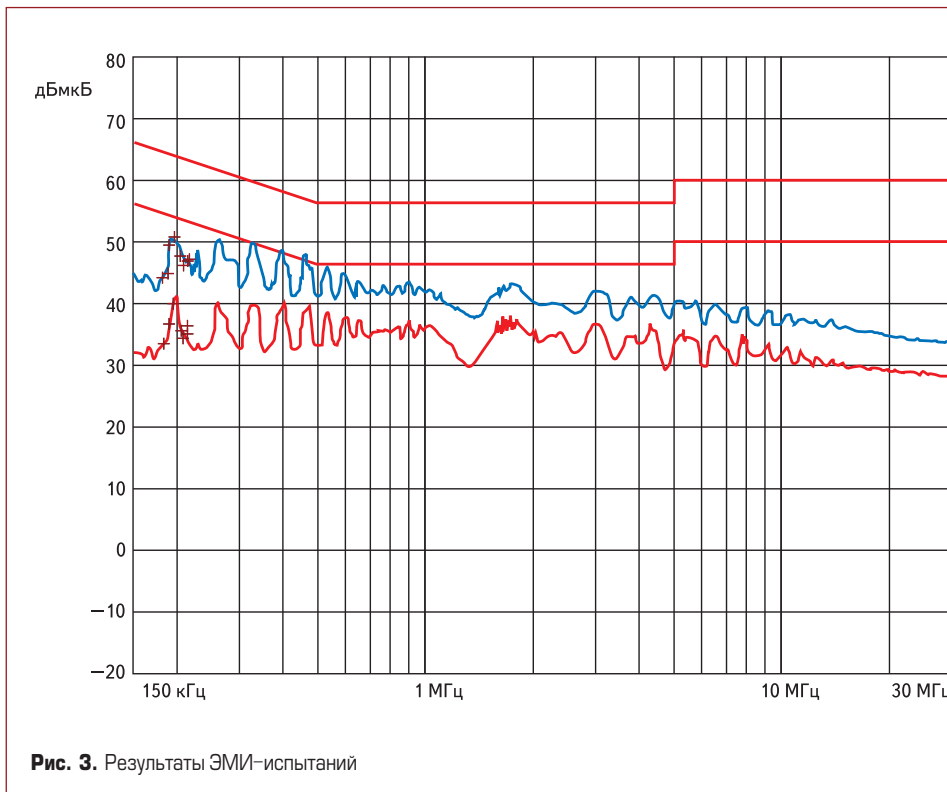


Рис. 3. Результаты ЭМИ-испытаний

В идеале, температура вывода «исток» не должна превышать 100 °С. Однако, глядя на данные в таблице, мы можем увидеть, что при входном напряжении 265 В AC и температуре окружающей среды 25 °С температура вывода «исток» может немного превысить максимально допустимую температуру. Поэтому разработчик рекомендуют использовать небольшие теплоотводы на светодиодах и на самой микросхеме. В этом случае ее тепловой режим работы полностью соответствует стандартам.

Контроль ЭМИ

По уровню наведенных ЭМИ схема должна полностью удовлетворять стандартам EN55022B/CISPR22B. Принимая во внимание высокую частоту переключения и ограниченные размеры самой платы GU10, мы видим еще одну нетривиальную задачу, которую необходимо решить разработчику. На схемах преобразователей (рис. 2) видно, что путь, который проходит ток в buck-преобразователе (MOSFET — выходной диод — выходной конденсатор — входной конденсатор), больше, чем в buck-boost (MOSFET — диод — входной конденсатор). Это говорит о том, что сни-

зить шумы сложнее в преобразователе buck-boost.

Для того чтобы обеспечить соответствие промышленным требованиям, разработчики Power Integrations предложили разделить схему на две части: преобразователь и входной фильтр. Они разместили эти части на двух печатных платах, между которыми поместили экран Фарадея. Электрически подключенный к плате преобразователя экран представляет собой печатную плату, покрытую медью с одной стороны, и имеющую такие же размеры, как плата преобразователя и фильтра. При проведении теста это дало свои результаты — на напряжении 230 В уровень ЭМИ был ниже требуемого на 7 дБмкВ.

С точки зрения стоимости обе топологии находятся примерно на одинаковом уровне. Оба дизайна требуют порядка 25 компонентов и, что важно, позволяют использовать дешевые дроссели вместо трансформаторов.

Одно большое отличие лежит в области проектирования обратной связи. Обратная связь должна ограничить ток через светодиоды при нормальной работе. Для этого разработчики используют вывод FB, подключая его к выходному напряжению через резисторы. Однако это может привести к нежелательно-

му тепловыделению в корпусе GU10. Как выход из положения, при использовании buck-топологии применяют несколько дополнительных маломощных компонентов для организации полноценной точной цепи обратной связи. Дополнительные компоненты:

- 2 керамических конденсатора;
- 2 маломощных NPN транзистора;
- 4 прецизионных резистора.

Необходимо отметить, что эти компоненты практически не увеличат стоимость конечного изделия.

Выводы

Светодиодное освещение предоставляет целый ряд преимуществ по сравнению с традиционным: меньшее энергопотребление, большее время жизни и меньшее время обслуживания. Однако при проектировании изделия на светодиодах разработчики сталкиваются с рядом технических сложностей. Тем не менее, анализируя преимущества и недостатки описанных выше топологий, разработчики могут без труда спроектировать изделие, обладающее самыми хорошими техническими характеристиками и отвечающее всем необходимым стандартам.