Артем Беляков | artem.belyakov@symmetron.ru

Решения компании Infineon Technologies

для питания светодиодных светильников

Не секрет, что около 20% мировой электроэнергии расходуется на освещение. Тенденция к увеличению энергоэффективности источников света очевидна. Год от года все более широкое применение находит светодиодная техника, которая постепенно вытесняет традиционные источники света в коммерческом, промышленном и уличном освещении. Одновременно растут и требования к драйверам по уровню стабильности выходного тока, КПД, коэффициенту мощности, излучаемым электромагнитным помехам, габаритам и стоимости. Компания Infineon Technologies, являясь мировым лидером на рынке полупроводниковых компонентов, предлагает целый спектр решений для построения светодиодных источников питания практически любой мощности.

Таблица 1. Микросхемы серии ICLSx

Корпус	Параметры транзистора		F_{osc}, кГц	Номинальная мощность (±15%), Вт		Корпус
	V_{ds}, В	$R_{ds\ on}$, Ом		230 $V_{ac\ in}$	90 $V_{ac\ in}$	
ICLS6021J	650	6,45	67	12	5	DIP-8
ICLS6022J	650	4,7	67	17	9	DIP-8
ICLS6022G	650	4,7	67	17	9	DSO-12
ICLS6023J	650	1,7	67	26	15	DIP-8
ICLS8023Z	800	2,26	65	24	12	DIP-7

Таблица 2. Варианты замены традиционных ламп на светодиодные и рекомендованные контроллеры

Лампа накаливания (E27)	Светодиодная лампа (E27)	Микросхема		Лампа спот (GU10)	Светодиодный спот (GU10)	Микросхема	
Мощность, Вт		230 $V_{ac\ in}$	90 $V_{ac\ in}$	Мощность, Вт		230 $V_{ac\ in}$	90 $V_{ac\ in}$
100+	15+	ICLS6023J	ICLS6023J	–	–	–	–
100	15	ICLS6022J	ICLS6023J	–	–	–	–
80	12	ICLS6021J	ICLS8023Z	–	–	–	–
60	9	ICLS6021J	ICLS6022J	50	15	ICLS6022G	ICLS8082G
40	6	ICLS6021J	ICLS6021J	20	6	ICLS6022G	ICLS6022G
20	3	ICLS6021J	ICLS6021J	10	3	ICLS6022G	ICLS6022G

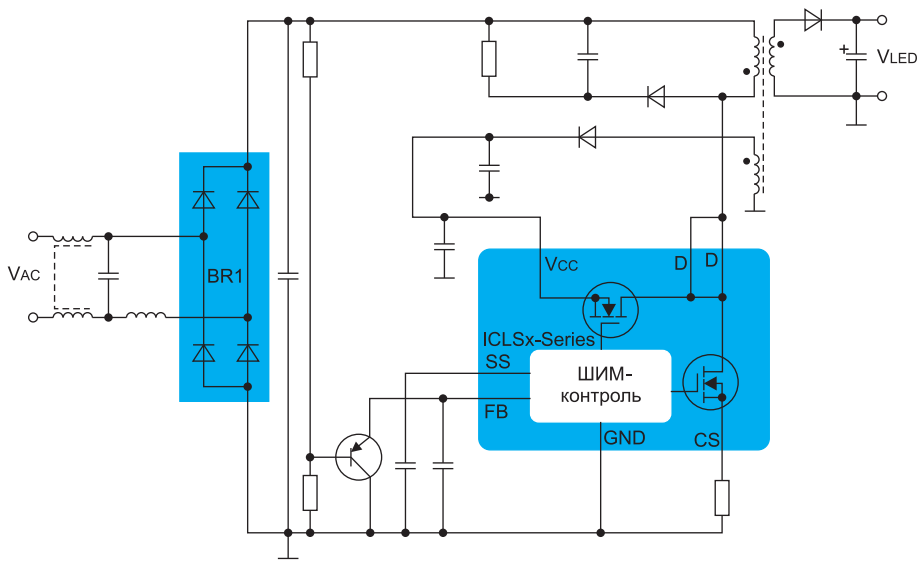

Рис. 1. Типовая схема включения микросхем серии ICLSx

В статье представлен обзор контроллеров Infineon, предназначенных для управления LED-драйверами, а также отладочных плат, при помощи которых разработчики могут ознакомиться со всеми тонкостями работы того или иного контроллера, выбрать оптимальный вариант для решения поставленной перед ними задачи и тем самым значительно сократить время, потраченное на разработку светодиодного источника питания.

Серия ICLSx для управления недиммируемыми драйверами

Микросхемы серии ICLSx представляют собой ШИМ-контроллеры, работающие на фиксированной частоте, с интегрированным ККМ и высоковольтным полевым транзистором (таблица 1).

В устройствах реализована функция джиттеринга — изменения рабочей частоты в небольших пределах, которая позволяет снизить уровень электромагнитных помех, излучаемых драйвером. Для быстрого старта в микросхему встроена высоковольтная ячейка запуска, что не требует использования внешнего запускающего резистора и положительным образом влияет на энергоэффективность источника. При возникновении таких аварийных режимов, как перегрев, пониженное или повышенное напряжение питания и перегрузка по току, контроллер входит в режим автоматического перезапуска, тем самым предотвращая выход из строя светодиодной системы.

Данное решение обеспечивает контроль над выходным током и напряжением по первичной стороне преобразователя и, следовательно, не требует применения оптрона и сопутствующей обвязки, что повышает КПД источника, снижает стоимость, а также упрощает его конструкцию. Наличие встроенного ККМ позволяет обеспечить коэффициент мощности свыше 0,98.

Микросхемы серии ICLSx применяются для управления маломощными светодиодными драйверами, которые предназначены для питания недиммируемых светильников, таких как, например, лампы-ретрофиты с цоколем E27 или светодиодные споты с цоколем GU10. В таблице 2 приведены варианты замены традиционных ламп накаливания различной мощности на светодиодные лампы и указаны микросхемы, рекомендованные для построения соответствующих источников питания. Схема электрическая принципиальная включения микросхем серии ICLSx представлена на рис. 1.

Светодиодный недиммируемый балласт на базе контроллера ICLS6021J

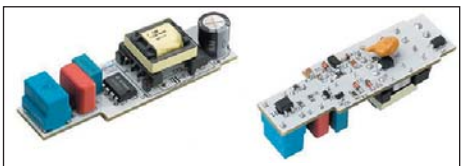

Рис. 2. Светодиодный балласт на микросхеме ICLS6021J

Отладочная плата (рис. 2) представляет собой 8,5 Вт LED-драйвер с выходным током 350 мА, предназначенный для питания светодиодных ламп-ретрофитов с цоколем E27, используемых в качестве замены 60-Вт ламп накаливания.

Технические характеристики:

- входное напряжение: 207–254 В AC;
- рабочая частота 67 кГц;
- выходное напряжение 24 В;
- выходная мощность 8,5 Вт;
- стабильность выходного тока (207–254 В)<5%;
- КПД 84–88%;
- коэффициент мощности >0,98;
- уровень EMI соответствует европейскому стандарту EN55015;
- уровень THD соответствует европейскому стандарту EN61000-3-2.

Светодиодный драйвер совмещает в одном силовом каскаде ККМ с обратноходовым преобразователем, что позволяет получить синусоидальную форму потребляемого от сети тока (коэффициент мощности свыше 0,98), снизить количество используемых компонентов (BOM включает в себя всего 22 наименования), а также минимизировать размеры и массу изделия.

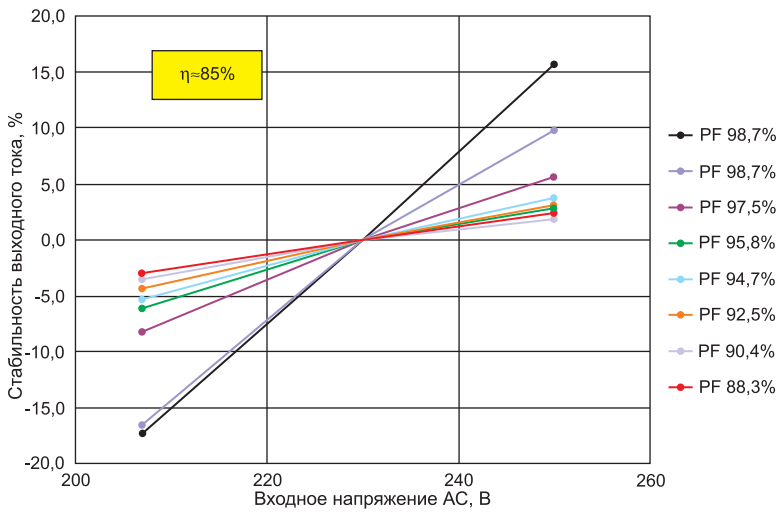

Рис. 3. Зависимость стабильности выходного тока от входного напряжения

На рис. 3 представлена зависимость стабильности выходного тока от входного напряжения при разном значении коэффициента мощности. Кривые получаются путем изменения сопротивлений двух резисторов схемы, благодаря чему можно подобрать оптимальное соотношение между коэффициентом мощности и уровнем стабильности выходного тока. Эта возможность делает данное решение достаточно гибким и позволяет подстраивать его под различные требования, в зависимости от поставленной задачи.

Серия ICLx8x для управления диммируемыми драйверами

Квазирезонансные ШИМ-контроллеры с интегрированным ККМ, предназначенные для управления высокоэффективными диммируемыми светодиодными источниками питания, применяются в изолированных (flyback) и неизолированных (buck) топологиях, оптимизированы для фазных диммеров, работающих как с передним, так и с задним фронтом.

В линейку входят ICLS8082G — комбинация контроллера ICL8001G с 800-В полевым транзистором ($R_{ds\,on}$ = 2,26 Ом) и ICL8002G — преемник микросхемы ICL8001G, оптимизированный для наилучшего диммирования (от 1 до 100% в зависимости от модели применяемого диммера). Типовая схема включения микросхемы ICL8002G представлена на рис. 4.

Контроль выходных параметров по первичной стороне обеспечивает КПД до 90%

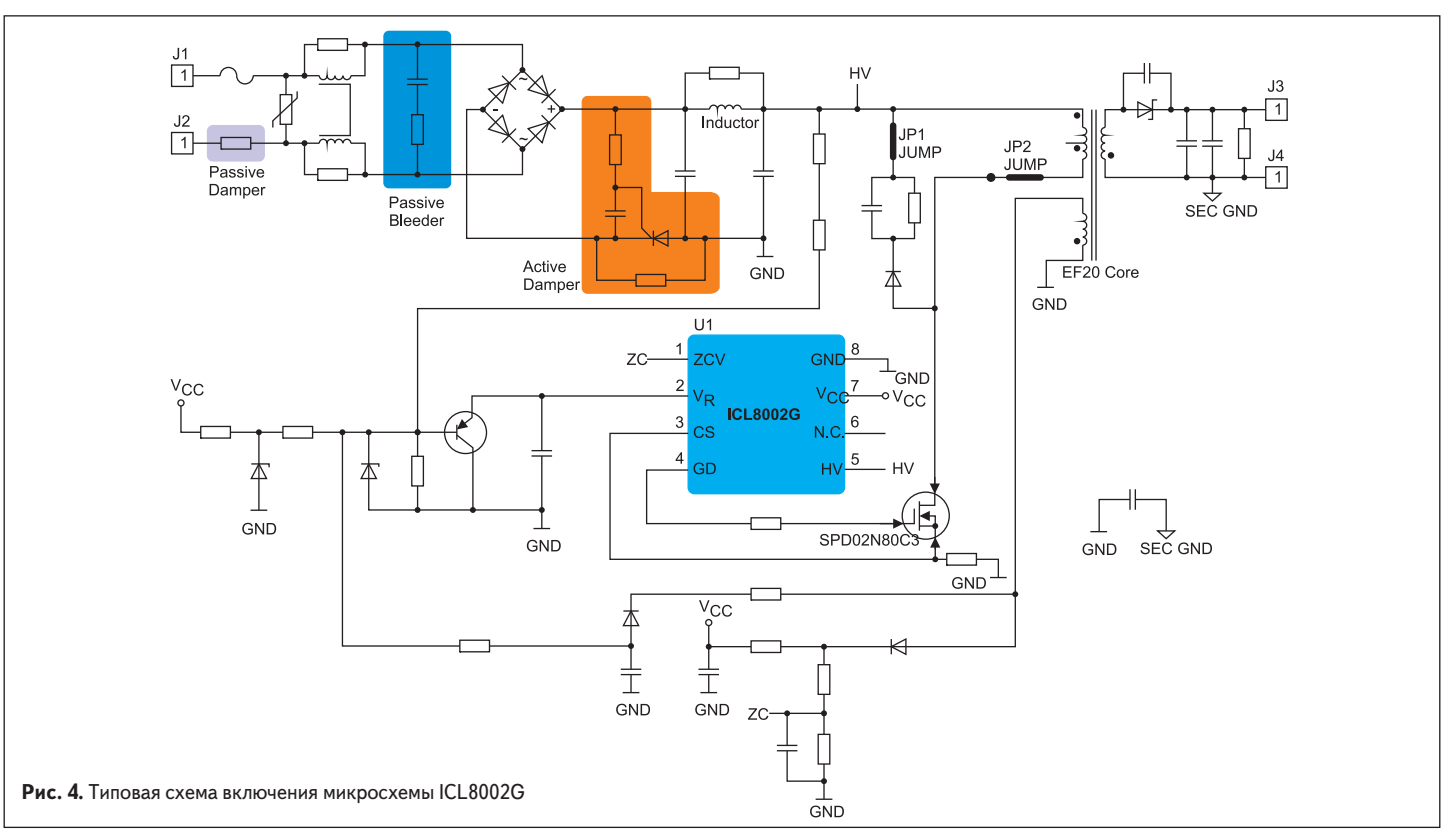

Рис. 4. Типовая схема включения микросхемы ICL8002G

Рис. 5. Светодиодный балласт на ICL8002G

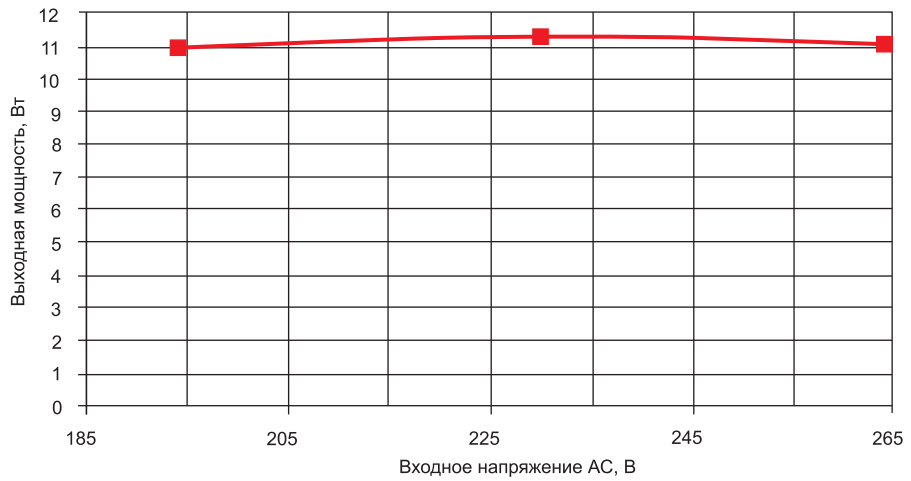

Рис. 6. Зависимость выходной мощности от входного напряжения

Рис. 7. Зависимость выходного тока от входного напряжения

и коэффициент мощности до 0,99. Микросхемы серии обладают широким диапазоном напряжения питания (до 26 В), а также низким уровнем энергопотребления (питающий ток в нормальном режиме работы составляет 1,5 мА). Применение цифрового плавного пуска позволяет минимизировать перегрузки на ключе, диоде и трансформаторе при запуске драйвера.

Основные преимущества:

- контроль выходных параметров по первичной стороне;
- интегрированная ячейка запуска;
- высокая и стабильная эффективность в широком диапазоне;
- ограничение пикового тока в каждом цикле;
- возможность реализации функции диммирования;
- защита от пониженного и повышенного напряжения питания;
- автоматический перезапуск при КЗ;
- цифровой плавный пуск.

Серия ICLx8x позволяет реализовать светодиодные драйверы мощностью до 50 Вт, которые могут быть применены в таких областях, как офисное, уличное, промышленное освещение, бытовая техника, для питания лампретрофитов и замены 40/60/100 Вт лампочек накаливания.

Светодиодный диммируемый балласт на базе контроллера ICL8002G

Демо-плата (рис. 5) представляет собой 13-Вт драйвер с выходным током 300 мА. Данное решение оптимизировано для совместной работы с Triac-диммерами, которые также используются для регулировки яркости ламп накаливания. Драйвер позволяет обеспечить диммирование в диапазоне 1–100%.

Технические характеристики:

- топология — изолированный flyback;
- входное напряжение 196–265 В AC;
- входная мощность 13 Вт;
- выходная мощность 11 Вт;
- выходное напряжение 36–42 В;
- выходной ток 300 мА;
- коэффициент мощности >0,9;
- КПД >85%;
- уровень EMI соответствует европейскому стандарту EN55015;
- уровень THD<20%.

Система базируется на контроле постоянной мощности (рис. 6), при этом уровень стабильности выходного тока очень высок. Из диаграммы, представленной на рис. 7, следует, что максимальное отклонение тока во всем диапазоне входного напряжения (196–265 В AC) не превышает 2,5%. Этот результат достигнут при помощи цифровой обратной связи.

Данное решение может быть применено как для питания светодиодных ретрофитных ламп, так и для ламп точечного света с фазовой регулировкой яркости.

40-Вт балласт для питания светодиодных светильников

Демо-плата (рис. 8) выполнена по схеме обратноходового корректора коэффициента мощности. На первичной стороне использован контроллер ККМ на TDA4863G, в выходном каскаде применен контроллер тока и напряжения TLE4305G для установки необходимого выходного уровня (стабилизирует выходной ток и ограничивает выходное напряжение). Для питания каждой из параллельных светодиодных линеек постоянным током (за исключением опорной строки под управлением TLE4305G) используется микросхема линейного регулятора BCR450. Модульный принцип позволяет увеличить количество светодиодных линеек, присоединенных ко вторичной стороне, для реализации решений уличного освещения с высокой выходной мощностью. Функциональная схема 40-Вт балласта представлена на рис. 9.

Рис. 8. 40-Вт светодиодный драйвер

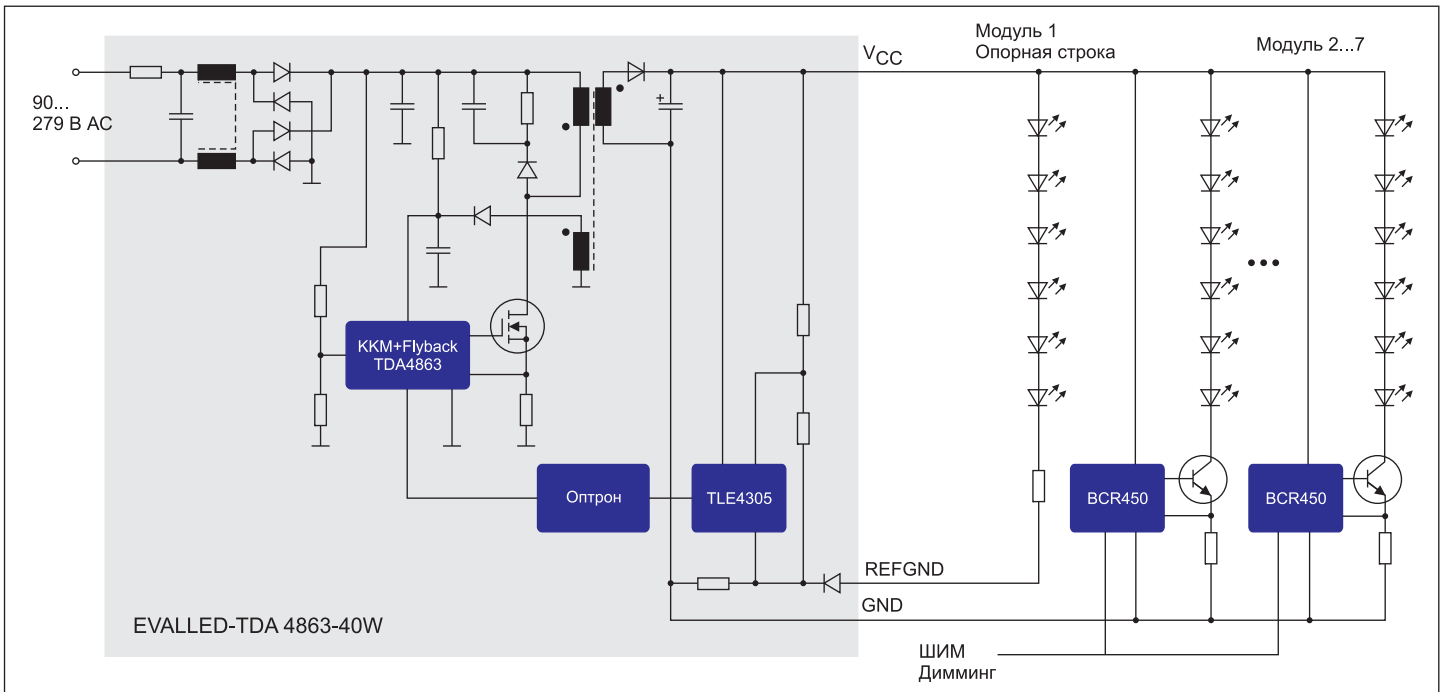

Рис. 9. Функциональная схема 40-Вт драйвера

Технические характеристики:

- входное напряжение 180–270 В AC (для выходной мощности до 20 Вт диапазон входного напряжения составляет 90–270 В AC);
- выходное напряжение 15–26 В;
- выходной ток 350 мА;
- стабильность выходного тока ±2%;
- выходная мощность 40 Вт;
- КПД до 90%;
- коэффициент мощности до 0,98;
- ограничение пикового тока в каждом цикле;
- низкий пусковой ток;
- защита от пониженного и повышенного напряжения питания.

Использование на первичной стороне преобразователя контроллера KKM позволяет получить высокий коэффициент мощности (до 0,98). Диаграмма (рис. 10) показывает, что коэффициент мощности будет наилучшим при работе источника на нагрузку в 40 Вт (синяя кривая), при меньшей мощности (20 Вт — розовая кривая, 8 Вт — оранжевая кривая) коэффициент мощности будет ниже, так как драйвер оптимизирован для работы на 40-Вт нагрузку.

Система работает в квазирезонансном режиме, что позволяет минимизировать потери при переключении силового ключа. Обнаружение нулевого тока осуществляется по дополнительной обмотке трансформатора, которая также используется для питания ШИМ-контроллера TDA4863G.

На рис. 11 видно, что КПД драйвера при мощности 20 Вт лежит в пределах 85–90%, а при номинальной мощности в 40 Вт КПД составляет 88–90%, что является очень хорошим показателем эффективности источника питания.

Не считая светодиодов опорной строки, все светодиоды управляются линейным драйвером BCR450 с внешним транзистором. Микросхема

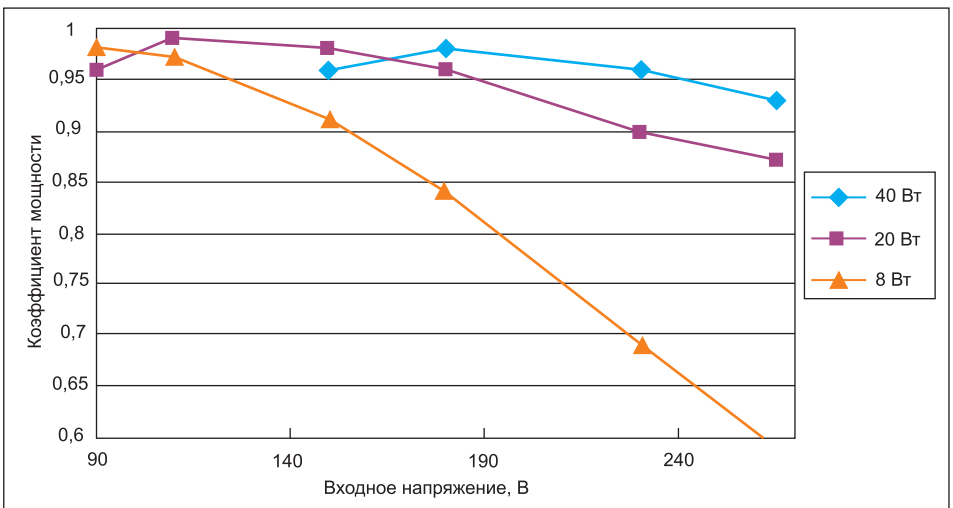

Рис. 10. Зависимость коэффициента мощности от входного напряжения

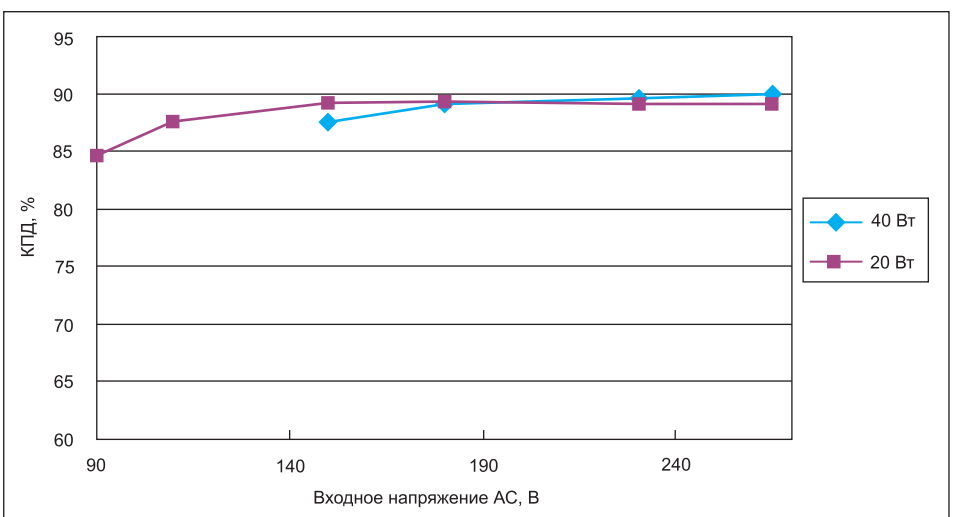

Рис. 11. Зависимость КПД от входного напряжения

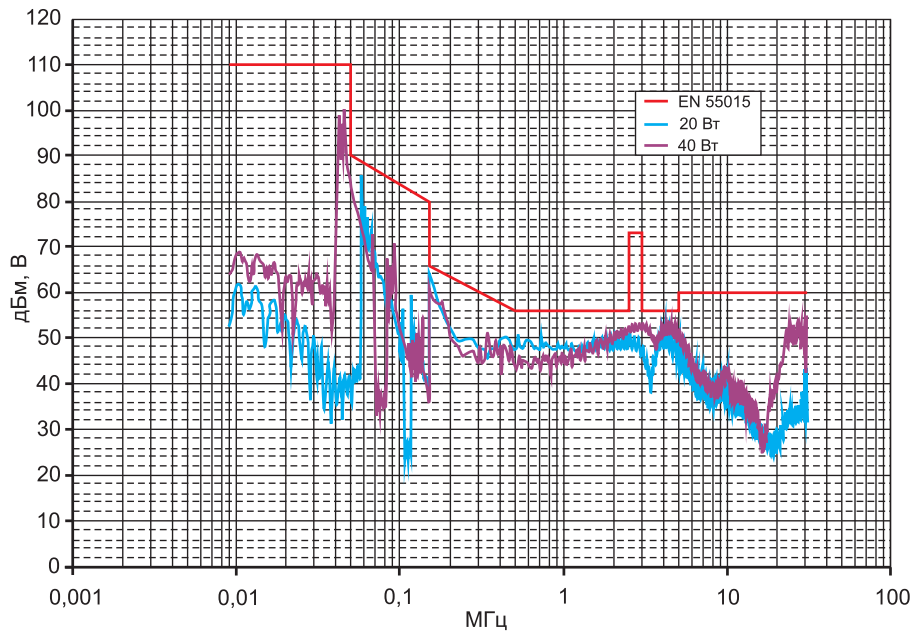

Рис. 12. Соответствие 40-Вт драйвера европейскому стандарту EN55015

Рис. 13. 120-Вт балласт

защищает светодиоды от перенапряжения и перегрузки по току, позволяет обеспечить высокую стабильность тока (±1,5%) в диапазоне 85–2000 мА (верхнее значение выходного тока ограничивается только мощностью рассеяния внешнего транзистора). Димминг светодиодов под управлением линейного стабилизатора может быть осуществлен при помощи ШИМ-сигнала.

По уровню электромагнитного излучения драйвер соответствует европейскому стандарту EN55015. Это подтверждает диаграмма, представленная на рис. 12, где красной кривой обозначен допустимый стандартом EN55015 уровень помех на частотах от 9 кГц до 30 МГц, а синя и розовая кривые показывают реальные уровни EMI при работе источника на нагрузку мощностью 20 и 40 Вт соответственно.

Обладая такими достоинствами, как простота, низкая стоимость применяемых микросхем, высокая стабильность выходного тока и эффективность, данное решение является оптимальным вариантом для питания светодиодных светильников средней мощности.

120-Вт диммируемый светодиодный балласт для уличного освещения

При построении более мощных источников питания разработчики, как правило, не прибегают к совмещению ККМ с обратноходовой топологией, а используют отдельный корректор коэффициента мощности и отдельный преобразователь, позволяющий получить бóльшие выходные мощности и обеспечивающий гальваническую развязку между сетью и нагрузкой. По этому же принципу построен 120-Вт диммируемый высокоэффективный четырехканальный драйвер (рис. 13), применяемый для уличного освещения.

Данное решение использует преобразование в три ступени (рис. 14). Первая ступень — ККМ на основе TDA4863-2G, построенный по повышающей (boost) топологии. Контроллер управляет высоковольтным MOSFET, напряжение на выходе ККМ составляет 400 В DC. В качестве второй ступени, благодаря простой схеме и высокой эффективности, используется резонансный полумостовой LLC-преобразователь под управлением контроллера ICE2HS01G, который также обеспечивает синхронное выпрямление на вторичной стороне. Третья ступень — линейный светодиодный драйвер на BCR450. Совместно с внешним ключом он обеспечивает 680 мА в каждом из четырех каналов драйвера. Выходной ток может

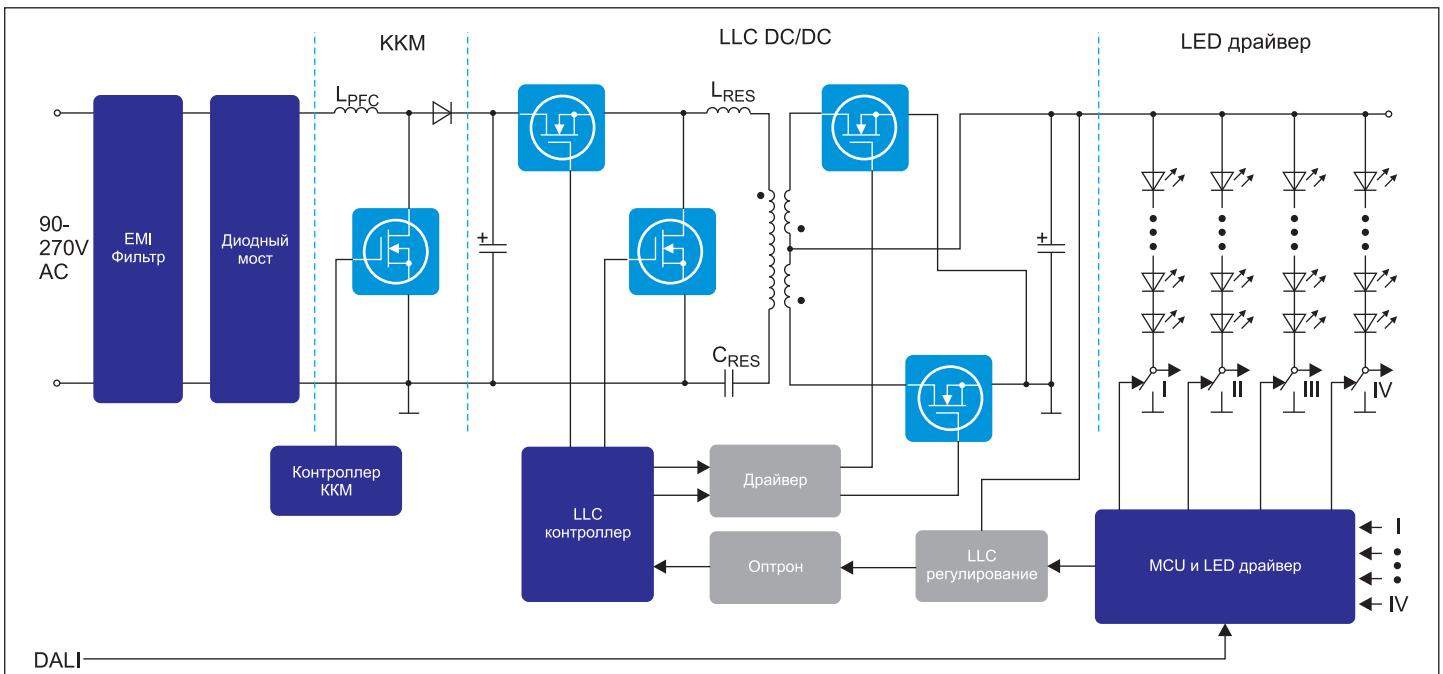

Рис. 14. Функциональная схема 120-Вт драйвера

регулироваться при помощи внешнего резистора. Наличие ШИМ-входа у линейного стабилизатора позволяет регулировать яркость светодиодов.

Включение/выключение источника, а также контроль яркости, защита от короткого замыкания и холостого хода обеспечиваются при помощи микроконтроллера. Микроконтроллер следит за падением напряжения на светодиодах и генерирует сигнал обратной связи для LLC-контроллера. Этот ШИМ-сигнал с меняющейся скважностью базируется на самом низком падении напряжения на четырех светодиодных строках, которое определяется путем измерения напряжения на коллекторах четырех транзисторов, стоящих последовательно со светодиодами. Требуемое падение напряжения составляет 0,5 В. Если оно выше (ниже), чем 0,5 В, то скважность сигнала обратной связи будет постепенно уменьшаться (увеличиваться) до тех пор, пока не будет достигнут необходимый уровень напряжения.

В случае обнаружения холостого хода или короткого замыкания соответствующий канал будет отключен. Микроконтроллер трижды попытается восстановить работу канала, и если все попытки окажутся безуспешными, канал будет выключен до перезагрузки системы. Если все каналы будут отключены, то первичная сторона также будет отключена до перезагрузки источника.

Яркость светодиодов может регулироваться при помощи заданного димминг-уровня (микроконтроллеры XC824 или XC835) или программируемого димминг-уровня по протоколу DALI (только XC835).

Питание контроллеров ККМ, резонансного полумоста и микроконтроллера обеспечивает дополнительный обратноходовой двухканальный преобразователь с выходным напряжением 5 и 12 В.

На рис. 15 представлена зависимость КПД системы от входного напряжения. Эффективность DC/DC части драйвера с учетом линейных стабилизаторов очень высока — 98%, общий КПД преобразователя составляет 91–92%, что также является отличным показателем.

Коэффициент мощности источника будет максимальным при работе на 100%-ную нагрузку и составит 0,9–0,98 во всем диапазоне входных напряжений.

Доступны две версии светодиодного балласта: с выходным напряжением 36–42 В DC (120 Вт) и 46–52 В DC (140 Вт) как с DALI, так и без.

Технические характеристики:

- напряжение питания 90–264 В AC;
- максимальная выходная мощность 120/140 Вт;
- выходное напряжение 36–42 В DC (120-Вт версия) и 46–52 В DC (140-Вт версия);
- выходной ток — четыре канала по 680 мА;
- стабильность выходного тока ±3%;
- коэффициент мощности >0,95 при 230 В AC и >0,98 при 115 В AC;
- КПД >91% при 230 В AC;
- ШИМ-димминг 25–100%;
- уровень THD<15% при нагрузке 75–100% во всем диапазоне входных напряжений;
- независимая защита каждого канала от короткого замыкания;
- защита от перенапряжения;
- защита от перегрева;
- программируемый плавный пуск;
- возможность применения протокола DALI.

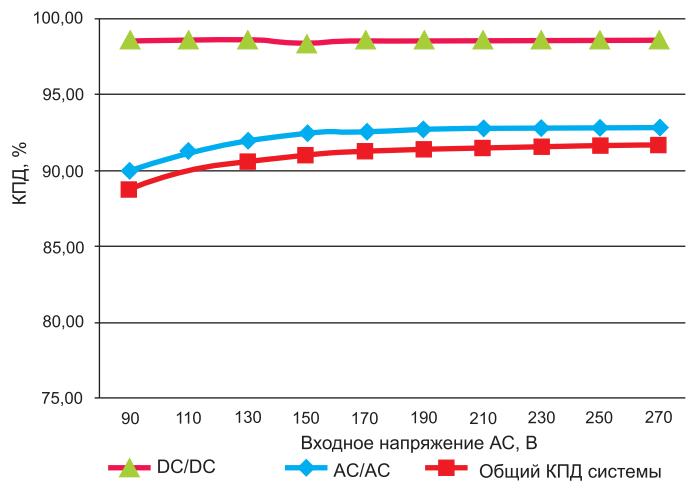

Рис. 15. КПД 120-Вт источника

DC/DC LED-драйверы

DC/DC-драйверы для светодиодного освещения компании Infineon представлены двумя сериями: BCRx и ILDx (рис. 16).

Серия BCRx — малогабаритные недорогие линейные драйверы, которые оптимально подходят для управления светодиодными токами в диапазоне 10–250 мА и являются оптимальным решением для питания светодиодов малой и средней мощности. Микросхемы требуют минимальной обвязки и занимают мало места на печатной плате. Ток через нагрузку регулируется при помощи внешнего резистора, возможно диммирование при помощи ШИМ-сигнала.

Серия ILDx представляет собой высокоэффективные импульсные драйверы, применяемые для стабилизации тока от 150 мА до 3 А. Контроллеры предназначены для питания мощных или сверхмощных светодиодов, применяются в таких топологиях, как понижающая (buck), повышающая (boost), инвертирующая (buck-boost) и SEPIC. Эффективность драйверов может достигать 98%. Возможно диммирование при помощи аналогового или ШИМ-сигнала, а встроенная интеллектуальная термальная защита, защита от перегрузки по току и напряжению способствуют увеличению срока эксплуатации светодиодов светильника.

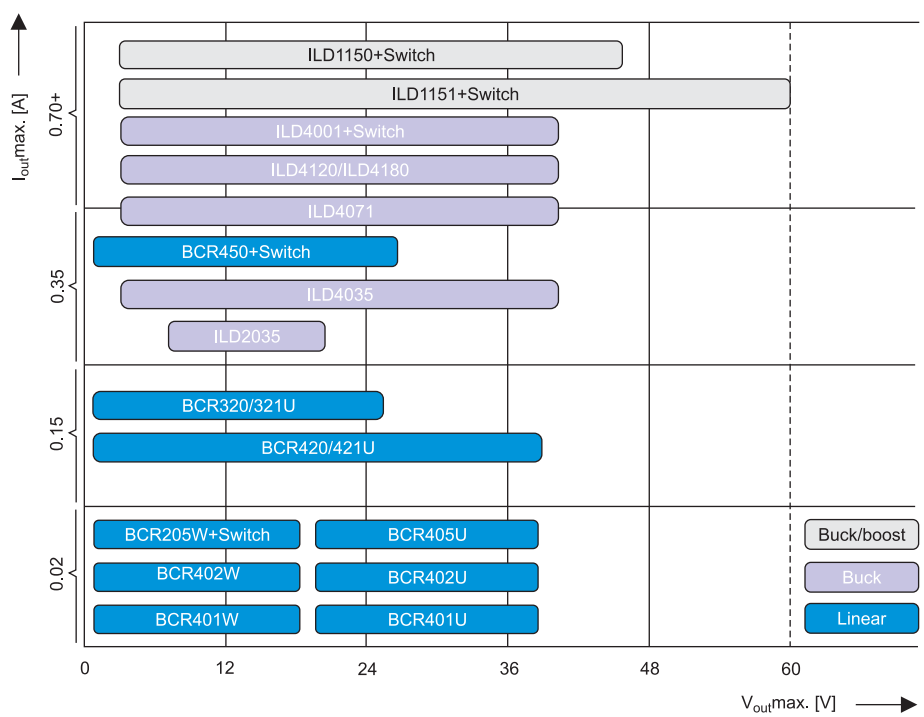

Рис. 16. Семейство DC/DC-контроллеров для светодиодного освещения

DC/DC-драйвер для питания светодиодов мощностью 2 Вт

Демонстрационная плата (рис. 17) выполнена на микросхеме ILD4120, которая представляет собой светодиодный buck-контроллер со встроенным ключом, позволяющий стабилизировать ток в нагрузке в диапазоне до 1200 мА и точностью ±3%.

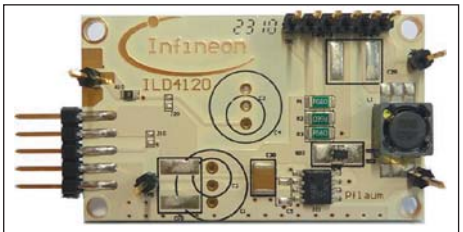

Рис. 17. Демонстрационная плата на микросхеме ILD4120

Схема драйвера представлена на рис. 18. ILD4120 поддерживает постоянный ток через цепочку светодиодов до тех пор, пока входное напряжение превышает сумму падений напряжений на светодиодах по крайней мере на 3 В. Максимальное входное напряжение для данной платы не должно превышать 30 В, увеличение входного напряжения до 40 В возможно при установке на плату диода Шоттки с более высоким напряжением пробоя. Установка выходного тока осуществляется при помощи внешнего резистора R_{sense}.

Технические характеристики:

- напряжение питания 12 В;
- средний ток нагрузки 0,625 А;
- частота 77 кГц;
- стабильность выходного тока ±3%.

Гибкая система диммирования позволяет изменять яркость светодиодов при помощи аналогового и ШИМ-сигнала. При аналоговом диммировании на вывод PWM микросхемы подается напряжение от 0,8 В и выше. При 0,8 В уровень тока через светодиоды будет соответствовать 10% от номинального значения; при 1,5 В — 50%; при 2,5 В и выше — 100%.

Демонстрационная плата предназначена для работы при температуре окружающей среды до +100 °С, что в совокупности с простотой построения, минимальным количеством используемых компонентов и высокой стабильностью выходного тока делает данное решение подходящим для применения в освещении торговых, офисных и жилых помещений, а также для архитектурной подсветки.

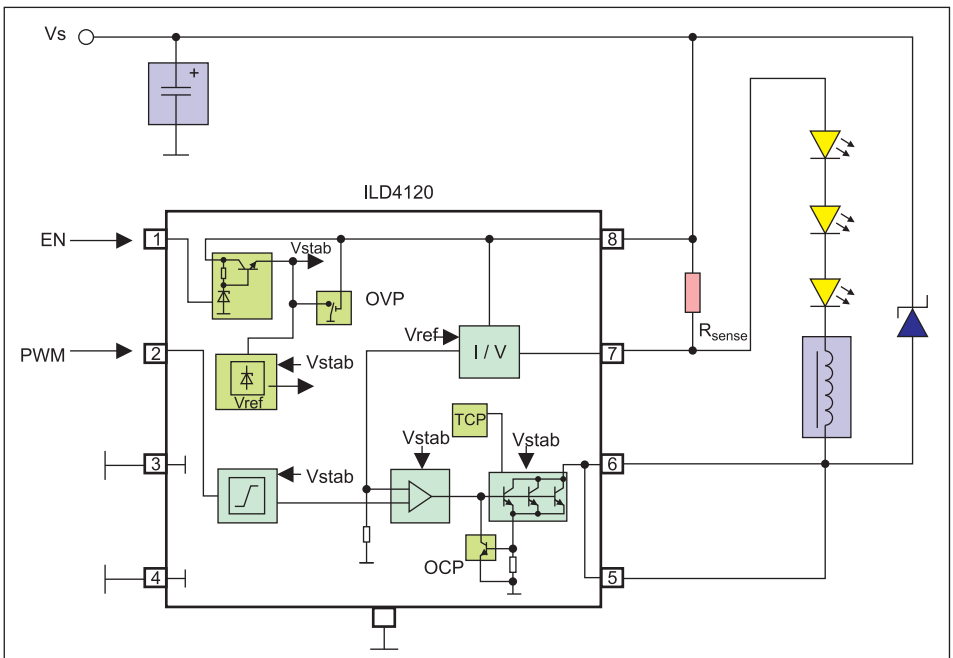

Рис. 18. Типовая схема включения ILD4120

Заключение

Infineon Technologies постоянно предлагает новые решения для светодиодного освещения и совершенствует уже существующие. Квалифицированные инженеры компании обеспечивают комплексную техническую поддержку по всем предлагаемым изделиям. Рассмотренные в статье продукты соответствуют самым высоким современным требованиям, а построенные на их основе драйверы позволяют решать любые задачи, связанные с питанием светодиодных источников света.