

Игорь Елисеев (г. Москва)

ПИТАНИЕ ДЛЯ СВЕТОДИОДОВ: ТЕПЕРЬ ЦИФРОВОЕ



Концепция **Digital Power** – это значительное сокращение затрат времени и ресурсов для выпуска готового изделия на рынок. Она позволяет создавать **устройства нового поколения** с такими характеристиками, которые невозможно было получить при использовании традиционных аналоговых компонентов. Наглядная демонстрация этих преимуществ, рассмотренная на примере контроллеров **XDPL8105** и **XDPL8220** от **Infineon**, позволяет сделать прогноз, что в самое ближайшее время на рынке светодиодных светильников появится **новый класс изделий**, отличающихся малой стоимостью, высокой эффективностью и хорошей электромагнитной совместимостью.

Современный этап развития мировой электроники можно без преувеличения назвать эпохой цифровых технологий. Сегодня «цифра» все чаще начинает применяться в тех приложениях, которые всегда традиционно считались чисто аналоговыми. Не обошла стороной данная тенденция и область силовой электроники, где, казалось бы, цифровым технологиям совсем уж не место. Тем не менее, в последнее время широкое распространение получила концепция под общим названием **Digital Power**, которая подразумевает использование цифровых методов для управления работой источников питания. Рассмотрим особенности реализации концепции **Digital Power** от компании **Infineon** применительно к источникам питания для светодиодных систем освещения.

Изобретение мощного светодиода с белым цветом свечения породило принципиально новое направление в развитии светотехники. Мало того, что этот источник света значительно превосходит по энергоэффективности и продолжительности срока службы все известные светоизлучающие приборы, он также коренным образом отличается от них конструктивным исполнением, характеристиками электропитания и способами управления. В связи с этим, практически все, что раньше было характерно для традиционной светотехники – схемы питания, оптическая система, технология производства и многое другое – оказалось непригодным для светодиодного

освещения. Светодиодный светильник имеет мало общего с традиционным – вместо лампы здесь используется алюминиевая плата со светодиодами, общий рефлектор заменяют на индивидуальные оптические элементы, а вместо дросселей и электронных балластов применяют полноценный источник питания. Для производителей осветительных приборов это означает, что они вынуждены приступить к проектированию и производству таких светильников «с нуля», без опоры на опыт предыдущих разработок и на незнакомой элементной базе. Ситуация осложняется еще и тем, что в области светодиодной светотехники на данном этапе развития практически не существует общепринятых решений и стандартов, как в традиционном освещении, где, к примеру, все виды выпускаемых промышленностью ламп строго стандарти-

зированы, то есть имеют типовые формы и размеры, а также унифицированные характеристики и разъемы для подключения. В результате каждый производитель разрабатывает что-то свое, основываясь на собственных представлениях о том, какими характеристиками должна обладать выпускаемая им продукция и с учетом того, что в дальнейшем неизбежно придется расширять линейку изделий, что, в свою очередь, ведет к разработке собственных типовых решений и унифицированных агрегатов. Для решения задачи унификации производители разрабатывают типовые светодиодные модули, которые, как правило, представляют собой алюминиевую печатную плату с установленными на ней светодиодами. При этом печатная плата проектируется с учетом возможности установки на ней единичных или блочных оптических элементов. Разумеется, разработчик модуля в процессе проектирования ориентируется на какой-нибудь конкретный тип светодиода или, по крайней мере, на светодиод в определенном форм-факторе, а также принимает в расчет возможность применения конкретного типа оптики, рассчитанной на использование с данным светодиодом. Таким образом задача проектирования светооптической части будущего изделия – светодиодного светильника – сводится к определе-



Рис. 1. Переходное устройство **dp Interface Gen2**

нию необходимого количества модулей (для получения нужного значения светового потока) и выбору подходящей оптики (для формирования диаграммы направленности определенной формы). Но вот что касается проектирования системы питания светодиодного светильника, то тут все складывается далеко не так просто. В отдельных случаях можно подобрать подходящий светодиодный драйвер из числа серийно выпускаемых промышленностью модульных источников питания. Однако нередко возникает ситуация, когда ни один из стандартных источников не подходит. Иногда такое случается из-за отсутствия в линейке стандартных драйверов изделий с заданным набором характеристик, например, с определенным значением выходного тока. Также стандартные источники питания могут не подходить по конструктивному исполнению. Но чаще всего дело в цене. Источник питания – относительно дорогое изделие. И в то время как стоимость светодиодов непрерывно снижается, цена на драйверы остается практически неизменной.

В результате себестоимость светодиодного светильника начинает критически зависеть от стоимости источника питания, доля которого в цене изделия может достигать 50...70%. Не удивительно, что при таком положении дел производители в стремлении выпустить на рынок конкурентоспособный продукт все чаще отказываются от готовых решений и начинают разрабатывать собственные источники питания для своих светильников. Проблема в том, что современный источник питания – это сложное электронное устройство, разработка которого, в общем случае, под силу лишь очень опытному и высококвалифицированному специалисту. Но есть и хорошая новость – компоненты и инструментальный разработчика от компании Infineon, созданные на базе концепции Digital Power, значительно упрощают процесс проектирования, позволяя инженеру в кратчайшие сроки разработать высококачественный светодиодный драйвер с заданными параметрами и, к тому же, оптимизированный по стоимости.

Благодаря тем неоспоримым преимуществам, которые дает Концепция Digital Power, она нашла широкое применение в решениях целого ряда ведущих мировых производителей микросхем для источников питания. Суть этой концепции заклю-

чается в симбиозе аналоговой силовой части источника питания с цифровыми принципами управления. Подобная схема позволяет решить сразу несколько проблем, характерных для чисто аналоговых систем. Первый и, пожалуй, самый главный недостаток аналоговых систем связан с жестко заданным алгоритмом работы, который определяется самой схемотехникой устройства и параметры которого напрямую связаны с характеристиками элементов схемы. В связи с этим аналоговый прибор в общем случае не способен достаточно гибко и адекватно реагировать на изменения внешних условий и, тем более, менять свои функциональные характеристики в процессе работы. По этой причине оптимальный режим работы аналогового устройства, при котором его характеристики достигают наилучших значений, можно обеспечить только в очень узких рамках изменений условий функционирования.

Другими словами, чисто аналоговый прибор способен реализовать оптимальный набор характеристик только для вполне конкретных условий работы. А при значительном изменении этих условий для сохранения характеристик функционирования в заданных пределах придется фактически создавать новый прибор, в лучшем случае – применяя компоненты с другими параметрами, в худшем – полностью меняя схемотехнику и элементную базу прибора. Напротив, прибор с цифровым управлением позволяет не только задавать нужный характер функционирования и параметры на стадии проектирования, но также

менять свои характеристики в процессе работы, подстраиваясь оптимальным образом под изменения внешних условий в соответствии с программным алгоритмом. Причем схемотехническое решение источника питания остается неизменным для всех условий применения, а для изменения функциональных характеристик изделия требуется только поменять настройки «цифрового» контроллера. Соответственно, и процесс проектирования такого устройства коренным образом меняется. Теперь разработчику не нужно часами просиживать над макетной платой с паяльником в руках, подбирая компоненты для достижения приемлемых характеристик изделия – достаточно поэкспериментировать с компьютерной моделью будущего устройства.

Специально разработанные для этой цели программные средства и отладочные платы позволяют моделировать будущее устройство в режиме онлайн на экране компьютера, без проведения объектного макетирования и натуральных испытаний. Для проектирования источников питания на базе контроллеров производства компании Infineon, созданных в рамках собственной концепции **.dp Digital Power 2.0**, разработчику потребуется компьютер с операционной системой Windows и установленным программным обеспечением **.dp Vision**, а также отладочная плата для выбранного контроллера, подключенная к USB-порту компьютера через переходное устройство **.dp Interface Gen2** (рисунок 1). Задача инженера сводится к подбору параметров будущего устройства для

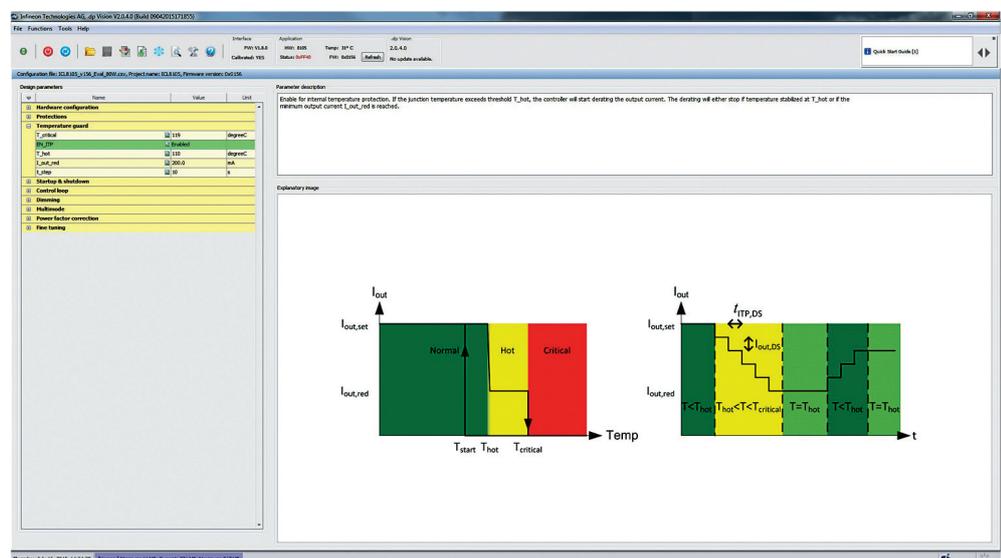


Рис. 2. Графический интерфейс программы .dp Vision

получения заданных характеристик источника питания при помощи удобного графического интерфейса программы .dp Vision (рисунок 2). В верхней части окна программы размещены главное меню и кнопки управления, а также отображается различная информация, касающаяся приложения в целом. В левой панели расположена таблица настраиваемых параметров. В первой колонке таблицы отображается название параметра, во второй – текущее значение, в третьей – единица измерения.

В зависимости от назначения параметры объединены в группы, каждая из которых отвечает за тот или иной аспект функционирования источника питания. Настройка параметров осуществляется путем изменения значений во второй колонке таблицы. Правая панель окна программы служит для отображения информации о выбранном параметре. В верхней части панели приводится подробное текстовое описание назначения данного параметра и его влияния на работу системы, а в нижней – поясняющие графики или диаграммы. Важно отметить, что полученные таким образом конфигурационные параметры по завершении процесса компьютерного моделирования сохраняются во встроенной памяти микросхемы управления (с помощью той же программы .dp Vision и инструментальных средств – отладочной платы с интерфейсом). Это еще одна ключевая особенность изделий на базе концепции Digital Power, подразумевающая, что все параметры конфигурации задаются программным путем, в то время как обычные аналоговые устройства

конфигурируются при помощи внешних компонентов. Благодаря этой особенности и учитывая тот факт, что, согласно концепции Digital Power, большинство функций прибора могут быть реализованы программным путем без участия схемотехники, значительно сокращается перечень электронных компонентов, необходимых для создания устройства (в английской терминологии – Bill Of Material, BOM), что, в свою очередь, ведет к снижению расходов на приобретение и хранение комплектующих (за счет сокращения складских площадей), а также к уменьшению размеров и упрощению топологии печатной платы, что тоже способствует уменьшению себестоимости изделия.

Для построения светодиодных драйверов компания Infineon предлагает два решения на базе концепции .dp Digital Power 2.0 – микросхемы контроллеров **XDPL8105** и **XDPL8220**. Первая из них – XDPL8105 – представляет собой однокаскадный обратноходовой преобразователь с корректором мощности, предназначенный для светодиодных драйверов с фиксированным выходным током. Это самый простой из двух представленных здесь контроллеров, но, тем не менее, обладающий большими возможностями и хорошим набором характеристик. XDPL8105 выпускается в малогабаритном восьмивыводном планарном корпусе размерами 5x6 мм (вместе с выводами). Благодаря наличию встроенного микроконтроллера обладает возможностью программной конфигурации режима работы, защитных функций и операционных параметров. Контроллер

способен сохранять работоспособность в широком диапазоне напряжений питания 90...305 В AC. Одна из характерных особенностей XDPL8105 заключается в том, что контроль за величиной выходного тока осуществляется на первичной стороне, что исключает необходимость использования схем обратной связи с вторичной обмоткой выходного трансформатора. При таком построении схемы регулятора значение тока нагрузки поддерживается с точностью $\pm 3\%$ от номинальной величины, которая устанавливается с помощью параметров конфигурации. Источник питания на базе контроллера XDPL8105 обладает хорошим коэффициентом полезного действия (КПД) до 91%, и имеет высокие показатели по электромагнитной совместимости – коэффициент мощности до 0,99 и коэффициент гармонических искажений менее 10%. Предусмотрены две типовые схемы светодиодного драйвера на контроллере XDPL8105, представленные на рисунках 3 и 4. Единственное различие между ними заключается в реализации способа регулировки яркости светодиодов (этот процесс чаще именуют диммированием или диммингом).

В первом случае (рисунок 3) диммирование осуществляется PWM-сигналом (*Pulse-Width Modulation*, широтно-импульсная модуляция) от внешнего микроконтроллера, во втором (рисунок 4) – аналоговым сигналом с помощью дополнительной микросхемы **CDM10V** производства компании Infineon, на вход которой (R_{dim+}) подключается внешний переменный резистор или подается управляющее напряжение 0...10 В.

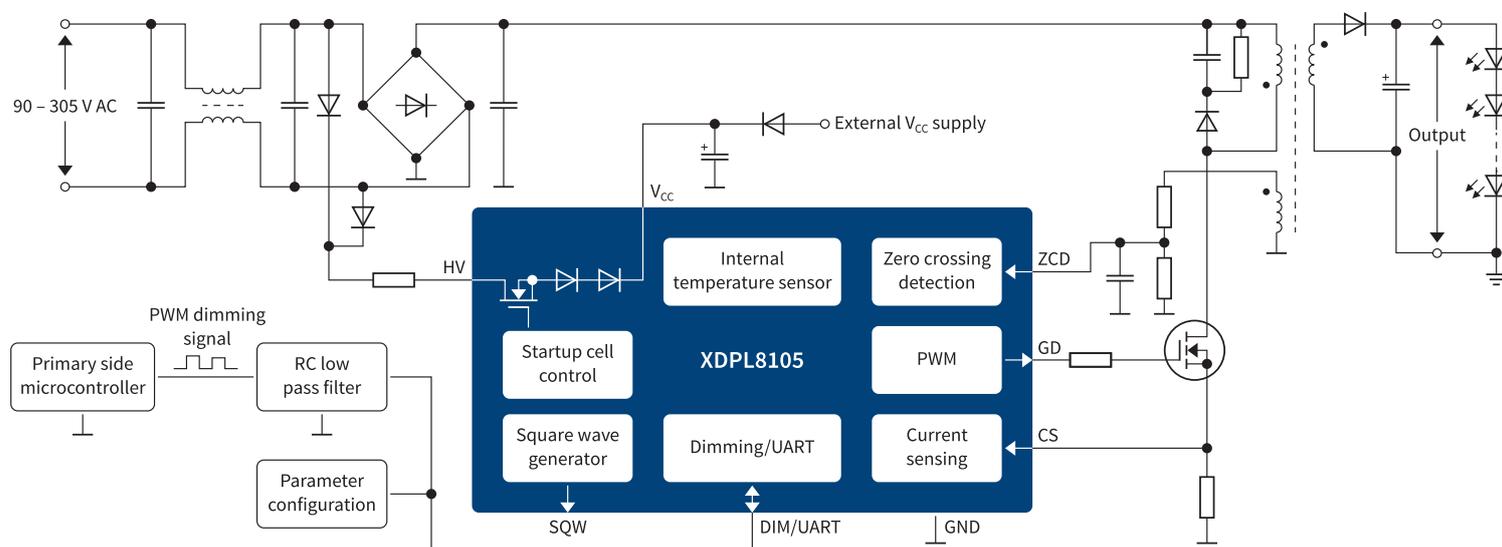


Рис. 3. Типовая схема светодиодного драйвера на базе XDPL8105 с диммированием PWM-сигналом

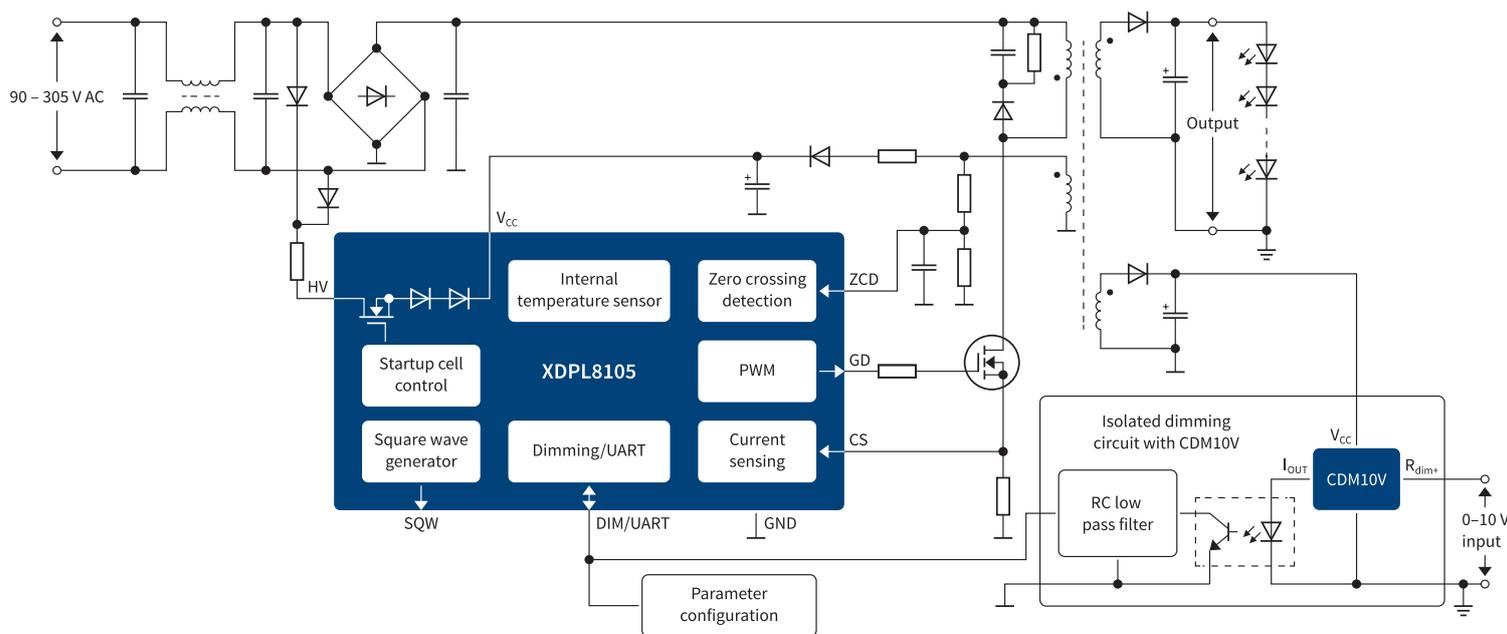


Рис. 4. Типовая схема светодиодного драйвера на базе XDPL8105 с диммированием аналоговым сигналом 0...10 В

В обоих случаях результирующий сигнал диммирования поступает на один и тот же вывод контроллера, обозначенный на схемах как DIM/UART, который непосредственно связан с внутренним блоком контроллера с похожим названием (*Dimming/UART*). Понятно, что этот вход контроллера отвечает за димминг. Но тогда причем здесь UART? Дело в том, что этот вход двойного назначения – он используется и для приема сигнала диммирования, и для программирования микросхемы по интерфейсу UART (именно через этот вход осуществляется конфигурация параметров контроллера). А чтобы контроллер смог «понять», какой именно сигнал он принимает, используют разные уровни напряжения. В исходном состоянии (после включения или сброса) этот вход автоматически устанавливается в режим для диммирования. И он будет сколь угодно долго оставаться в этом режиме, до тех пор, пока входной аналоговый сигнал будет меньше 2,2 В (сигнал диммирования должен находиться в пределах 0,1...2,0 В). Как только сигнал на входе превысит 2,2 В (например, в случае, когда отладочная плата подключается к переходному интерфейсу устройству), вход сразу же переключится на прием по интерфейсу UART и будет оставаться в этом режиме до перезагрузки или сброса системы. Что касается димминга, то стоит упомянуть еще одну особенность контроллера XDPL8105. А именно – возможность использовать как линейную, так и нелинейную зависимость выходного тока от

напряжения на входе DIM/UART. Применение нелинейной зависимости связано с особенностями человеческого зрения, которое обладает способностью к адаптации при изменении яркости источника света. Когда света мало – человеческий глаз чутко реагирует на малейшие изменения освещенности, и наоборот: когда свет достаточно яркий – сильные изменения освещенности человек воспринимает как незначительные. Поэтому при нелинейном димминге зависимость тока светодиодов от управляющего напряжения выражается квадратичной функцией (кривая на графике имеет форму параболы). При этом человеку будет казаться, что сила света при регулировке изменяется равномерно. Переключение функции димминга в нелинейный режим также задается параметром конфигурации.

При изучении схемотехники светодиодных драйверов на базе контроллера XDPL8105 (рисунки 3 и 4) любой опытный разработчик источников питания непременно обратит внимание на одну особенность – схема очень простая, если не сказать простейшая. Набор компонентов минимален – все только самое необходимое, без чего нельзя обойтись. И это притом, что устройство способно реализовывать самые сложные функции, например, коррекцию мощности. В этом примере наглядно проявляются преимущества концепции Digital Power. Всю интеллектуальную работу выполняет «мозговой центр» (цифровое ядро контроллера XDPL8105), а аналоговые «мускулы» (си-

ловые каскады) просто следуют его «руководящим указаниям». Детальное изложение алгоритма работы контроллера заняло бы слишком много места, а посему здесь не приводится. Впрочем, для практических целей изучение деталей реализации и не требуется, важно понимать общие принципы работы. Работа устройства начинается с подключения питающего напряжения, которое поступает на вывод HV контроллера и тем самым включает в работу встроенную схему запуска (*Startup cell control*). Схема запуска, в свою очередь, включает встроенный транзистор, который пропускает зарядный ток на конденсатор, подключенный к выводу Vcc. Как только напряжение на конденсаторе достигнет определенного порогового уровня – контроллер переходит в активную фазу и отключает схему запуска. Надо сказать, что деятельность схемы запуска на этом не заканчивается.

В дальнейшем, в процессе работы, эта схема используется в несвойственной ей манере – выполняет функцию контроля за входным напряжением. Для этого встроенный таймер периодически включает схему запуска на короткое время, чтобы синхронизировать работу контроллера по частоте и фазе с входным напряжением. А на начальном этапе, как только схема запуска отработала и контроллер перешел в активную фазу, инициируется процесс под названием «мягкий старт». Эта процедура необходима на этапе включения устройства для устранения резких бросков тока через силовые

элементы схемы – ключевой транзистор, трансформатор, диод и конденсатор в выходной цепи. После запуска процедуры мягкого старта встроенный микропроцессор начинает постепенно, шаг за шагом, наращивать ток в выходной цепи. Параметры мягкого старта – количество шагов (n_{ss}) и длительность каждого шага (t_{ss}) – задаются на этапе конфигурации контроллера. Когда ток в цепи силового транзистора достигнет определенного порогового значения, – контроллер отключает режим мягкого старта, доводит выходное напряжение до номинального уровня и после этого переключается на рабочий режим. Упрощенная блок-схема, иллюстрирующая функционирование контроллера XDPL8105 в рабочем режиме, приведена на рисунке 5.

В процессе работы контроллер решает одновременно несколько задач, главная из которых – управление током нагрузки. Попутно, в зависимости от значения выходной мощности, выбирается оптимальный режим функционирования. В схеме на рисунке 5 показаны функциональные блоки контроллера, предназначенные для решения этих задач. Рассмотрим вкратце, на качественном уровне, как это работает. Прежде всего, вычисляется текущее значение выходного тока. Эту операцию выполняет блок Output current calculation на основании информации о пиковом значении тока в первичной обмотке трансформатора и времени открытого состояния диода в цепи нагрузки. Пиковое значение тока определяется блоком Peak input current

detection, на который через вывод CS поступает напряжение с резистора, включенного в цепь силового транзистора. Блок Zero crossing detection, на который через вывод ZCD поступает сигнал с дополнительной обмотки трансформатора, отвечает за фиксацию моментов, когда напряжение переходит через нулевое значение и, соответственно, происходит переключение диода в выходной цепи трансформатора. Далее вычисленное текущее значение тока «пропускается» через фильтр, сглаживающий выбросы, и подается на один из входов компаратора (обозначен кружочком на схеме). На второй вход компаратора подается величина, равная требуемому значению выходного тока. Это значение вычисляется как минимальное из трех – значение выходного тока, заданное на этапе конфигурации (параметр I_{out_set}), значение, определенное схемой диммирования, и значение, выданное блоком защиты от перегрева.

Схема диммирования, как было описано выше, определяет значение выходного тока, учитывая величину напряжения на выводе DIM/UART и кривую преобразования (блок Dimming curve на схеме). Блок защиты от перегрева (обозначенный на схеме как Intelligent thermal management) непрерывно отслеживает значение температуры, поступающее от встроенного температурного сенсора. Как только температура превысит значение T_{hot} (задается параметром конфигурации) – включается защитный алгоритм, который начинает

постепенно снижать значение выходного тока до тех пор, пока температура не начнет понижаться. Если же выходной ток уже достиг минимально возможной величины (задается параметром I_{out_red}), а температура достигла критической величины (параметр $T_{critical}$) – срабатывает механизм защиты, который отключает выходной каскад и переводит контроллер в неактивный режим. Рисунок 6 иллюстрирует работу схемы защиты от перегрева.

Сигнал рассогласования, равный разности между текущим и требуемым значениями выходного тока, поступает на функциональный блок, отвечающий за управление выходным каскадом преобразователя и обозначенный на схеме как PI. Название блока представляет собой аббревиатуру, составленную из начальных букв слов Proportional (пропорциональный) и Integral (интегральный), что определяет характер реакции на входное воздействие. Значение выходного сигнала данного блока, известного как PI regulator (или ПИ-регулятор), складывается из двух составляющих – линейной (прямо пропорциональной входной величине) и интегральной, представляющей усредненное по времени значение входного сигнала. Уникальная особенность ПИ-регулятора контроллера XDPL8105, нашедшая свое воплощение исключительно благодаря концепции Digital Power – это автоматический переход на наиболее оптимальный режим работы в зависимости от выходной мощности. При высоких уровнях мощности,

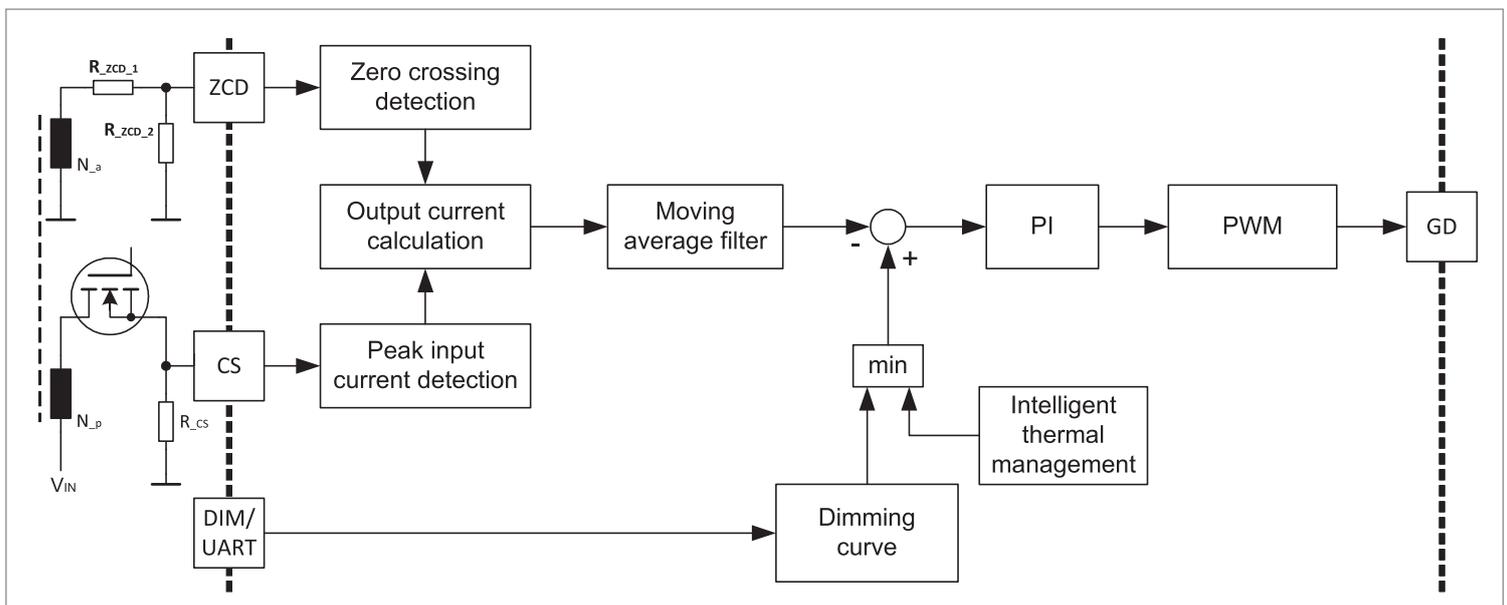


Рис. 5. Функциональная блок-схема контроллера XDPL8105

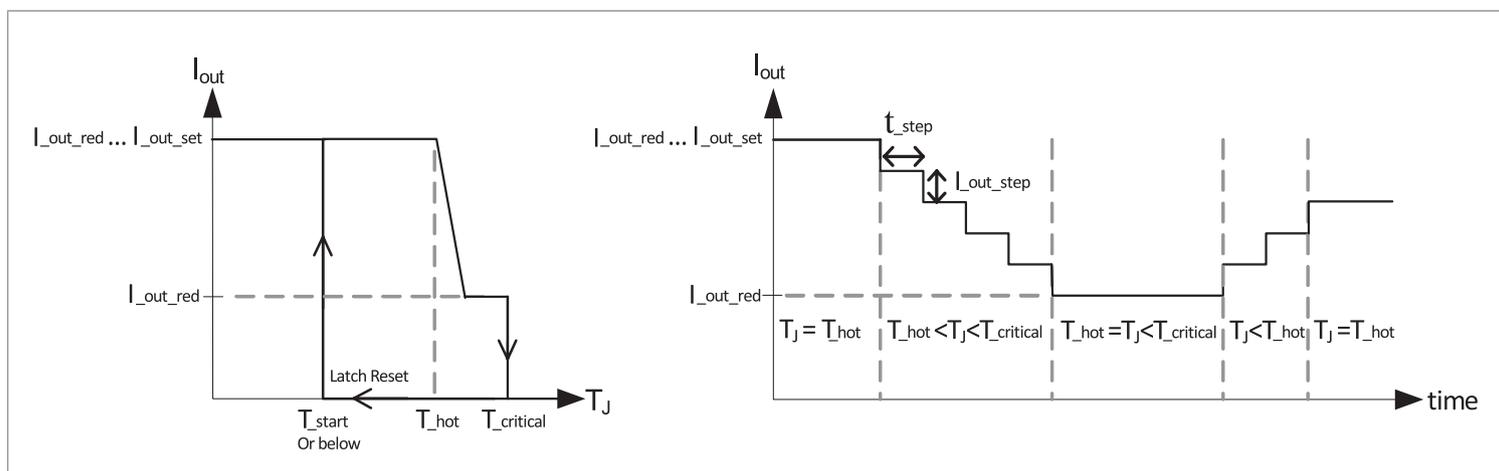


Рис. 6. Диаграмма работы схемы защиты от перегрева контроллера XDPL8105

близких к максимальной, наиболее оптимальным считается квазирезонансный режим работы (*Quasi-Resonant Mode, QRM*). В этом режиме управление выходным током осуществляется за счет регулирования времени открытого состояния транзистора, которое должно быть в пределах от t_{on_min} до t_{on_max} (задаются параметрами конфигурации), а максимальная эффективность преобразования достигается путем исключения коммутационных потерь (благодаря тому, что переключение транзистора производится в моменты, когда значение тока в цепи равно нулю). Когда в режиме QRM время открытого состояния транзистора достигает своего минимума (t_{on_min}), и при этом есть необходимость дальнейшего снижения выходной мощности – система автоматически переходит в режим DCM (*Discontinuous Conduction Mode*), при котором регулировка выходного тока осуществляется за счет изменения частоты переключения (в пределах от f_{sw_min} до f_{sw_max}). И, наконец, когда и этих регулировок недостаточно для сниже-

ния выходной мощности – система переключается в режим ABM (*Active-Burst Mode*), при котором частота переключения делается равной частоте входного напряжения, а выходной ток регулируется количеством импульсов в цепи трансформатора. Графически схема переключения режимов контроллера XDPL8105 изображена на рисунке 7.

Завершая рассказ о возможностях контроллера XDPL8105, следует сказать несколько слов и о реализуемых им функциях защиты. Одна из них – функция защиты от перегрева – уже была рассмотрена ранее (рисунок 6). Помимо этого, контроллер реализует еще более десятка защитных функций, осуществляющих непрерывный контроль за величинами напряжений и токов на входе и выходе источника питания. Кроме того, реализуется такая специфичная функция именно для «цифровых» контроллеров как контроль состояния внутренней оперативной памяти и встроенного программного обеспечения (*firmware*). При возникно-

вании аварийной ситуации контроллер отключает нагрузку и переходит в неактивный режим (как при перегреве) или инициирует процедуру рестарта (в зависимости от того, какая именно защита сработала). Уровни срабатывания защиты, как и все остальные параметры контроллера, задаются программным путем на этапе конфигурации.

Перейдем к рассмотрению другого контроллера производства компании Infineon, предназначенного для использования в светодиодных драйверах – XDPL8220. Функционально данный прибор не отличается от XDPL8105 и имеет схожие с ним характеристики по диапазону входных напряжений (90...305 В), коэффициенту полезного действия (более 90%), коэффициенту мощности (более 0,9) и коэффициенту гармонических искажений (менее 15%). Наряду с этим имеется ряд принципиальных отличий. Прежде всего следует отметить, что данный контроллер реализует двухкаскадную схему преобразования (рисунок 8).

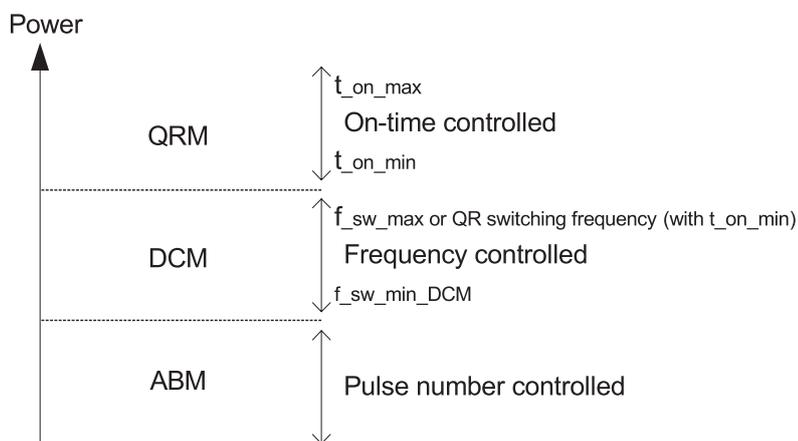


Рис. 7. Режимы работы контроллера XDPL8105

В отличие от однокаскадного решения, как в случае с XDPL8105, здесь корректор мощности и преобразователь напряжения представляют собой обособленные функциональные узлы, что позволяет управлять ими независимо друг от друга, с учетом специфики и условий работы каждого, с целью получения наилучших характеристик. Кроме индивидуальной настройки параметров каждого из этих узлов схемы на этапе конфигурации, здесь также реализована одна из наиболее впечатляющих возможностей концепции Digital Power – способность менять режим работы в процессе функционирования. В данном случае

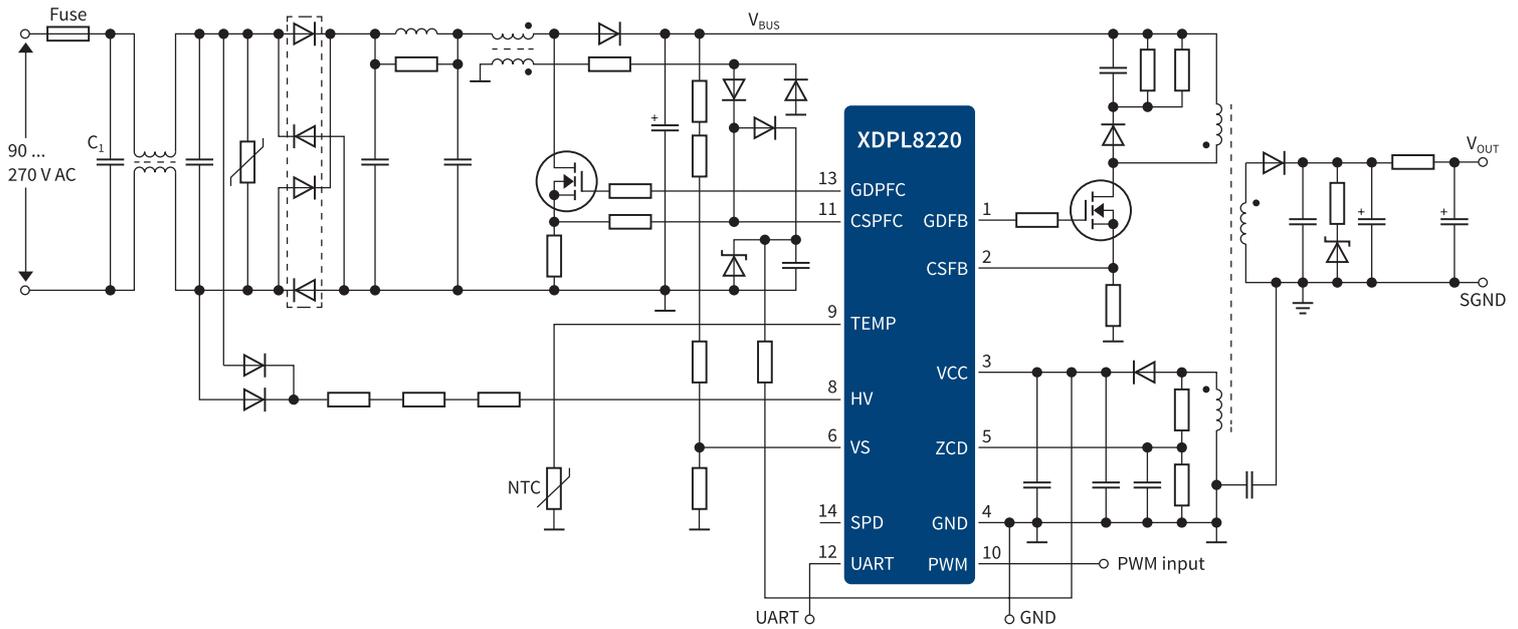


Рис. 8. Типовая схема источника питания на базе контроллера XDPL8220

для каждого из функциональных блоков – корректора и преобразователя – предусмотрен свой набор возможных режимов работы, переключение между которыми осуществляется программным путем в процессе функционирования в ответ на внешние воздействия. Рассмотрим вкратце схемотехническую реализацию источника питания на базе контроллера XDPL8220 (рисунок 8). Первый (левый на схеме) силовой каскад выполняет функцию корректора коэффициента мощности. Схемотехнически данный каскад представляет собой повышающий преобразователь (*boost converter*), который также служит для формирования стабильного постоянного напряжения (V_{bus}) на внутренней шине источника питания. Логику работы каскада задает контроллер, управляя работой силового транзистора через вывод 13 (GDPFC) и отслеживая сигналы обратной связи на выводе 11 (CSPFC). Напряжение на внутренней шине питает второй силовой каскад, выполненный по схеме обратного преобразователя. Работой этого каскада управляют сигналы с вывода 1 (GDFB). Контроль за выходными значениями тока и напряжения осуществляется с помощью измерения пиковых значений тока в первичной обмотке трансформатора (вывод CSFB контроллера) и анализа сигналов, поступающих с дополнительной обмотки на вывод 5 (ZCD). Контроль за внешней температурой осуществляется либо посредством встроенного температурного сенсора (как у XDPL8105), либо с помощью внешнего терморезистора (NTC

на схеме), который подключается к выводу 9 (TEMP) контроллера. Внешний температурный датчик, в отличие от встроенного, позволяет измерять температуру в любой точке устройства (например, на радиаторе транзистора выходного каскада), а не только в месте расположения микросхемы контроллера.

Еще одно отличие от XDPL8105 заключается в том, что здесь интерфейс UART и вход диммирования разведены на разные выводы микросхемы (соответственно, на 12-й и 9-й). При этом диммирование осуществляется широтно-модулированным сигналом (PWM). Других существенных отличий в пла-

не аппаратной реализации контроллер XDPL8220 не имеет. Зато есть отличия функционального характера, реализованные исключительно программным путем. В первую очередь необходимо отметить способность программно задавать характер функционирования источника питания – как источник тока (*Constant Current, CC*), источник напряжения (*Constant Voltage, CV*) или источник с ограничением по мощности (*Limited Power, LP*). На рисунке 9 приведена диаграмма, иллюстрирующая данные варианты функционирования. Логика работы и характер функционирования источника питания определяются на этапе конфигурирования контроллера с помо-

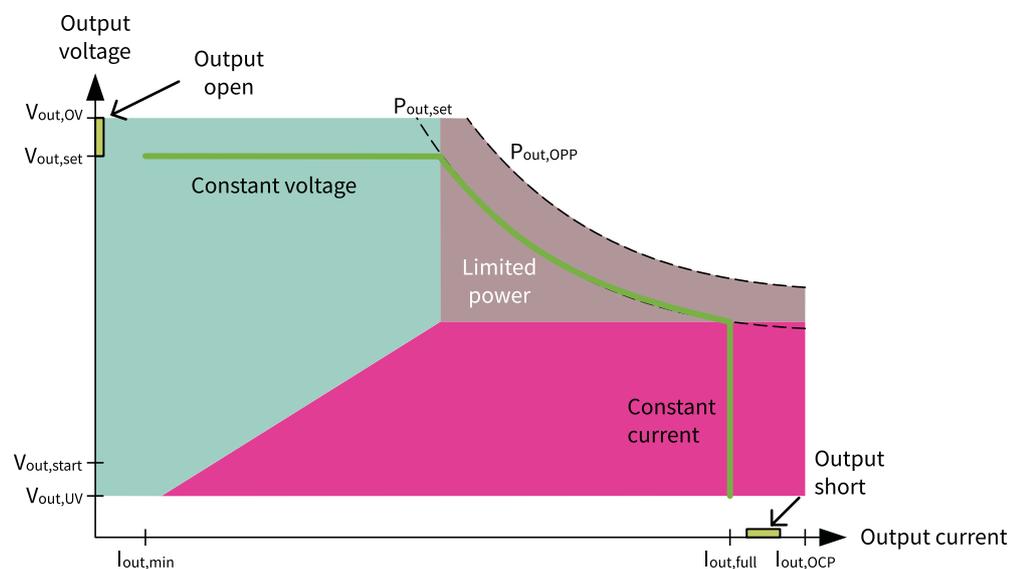


Рис. 9. Режимы функционирования источника питания на базе контроллера XDPL8220

цию ряда параметров, представленных на рисунке 9:

- $V_{out, set}$ – заданное значение выходного напряжения;
- $V_{out, OV}$ – порог срабатывания защиты от перенапряжения на выходе (*overvoltage*);
- $V_{out, UV}$ – порог срабатывания защиты от недопустимого снижения напряжения на выходе (*undervoltage*);
- $I_{out, min}$ – минимальное значение выходного тока;
- $I_{out, full}$ – полное (максимальное) значение выходного тока;
- $I_{out, OCP}$ – верхний предел выходного тока, порог срабатывания защиты (*overcurrent protection*);
- $P_{out, set}$ – заданное значение выходной мощности;
- $P_{out, OPP}$ – верхний предел выходной мощности, порог срабатывания защиты (*overpower protection*).

Рассмотрим, как связаны эти параметры с характеристиками функционирования при нормальных условиях (без димминга и поправок на температуру). В режиме *CC* контроллер поддерживает на выходе стабильный ток, равный $I_{out, full}$ при условии, что выходное напряжение не превышает $V_{out, set}$. В режиме *CV* наоборот – стабилизируется выходное на-

пряжение на уровне $V_{out, set}$ притом, что выходной ток должен быть не больше $I_{out, full}$. В режиме *LP*, соответственно, на заданном уровне поддерживается значение выходной мощности. Этот режим применяется в случае, когда при заданном выходном токе ($I_{out, full}$) величина выходной мощности выходит за пределы допустимого. Тогда значение тока на выходе принудительно снижается до величины, при которой выходная мощность равна $P_{out, set}$. В общем случае, все три режима функционирования доступны для использования, и в процессе работы, в зависимости от параметров нагрузки, встроенный процессор контроллера выбирает тот или иной режим «по собственному усмотрению». На практике такое поведение вряд ли кого-то устроит. Поэтому в процессе конфигурации часть режимов обычно деактивируют. Прямых способов для этого не предусмотрено, но можно отключить те или иные режимы, придав определенным параметрам соответствующие значения. Рассмотрим на примерах, как это делается.

Чтобы деактивировать, например, режим *LP*, надо, чтобы значение параметра $P_{out, set}$ было больше чем произведение $V_{out, set}$ и $I_{out, full}$. При такой конфигурации контроллер будет выбирать только между режимами *CC* и *CV*. Для «отключения»

режима *CV* достаточно установить значение параметра $V_{out, set}$ равным $V_{out, OV}$ (напряжение срабатывания защиты по перенапряжению). А чтобы деактивировать режим *CC*, надо задать $I_{out, full}$ равным $I_{out, OCP}$. Независимо от того, какой режим задан, схемы диммирования и защиты от перегрева могут менять значение выходного тока в диапазоне $I_{out, min} \dots I_{out, full}$ в соответствии со своими алгоритмами работы (так же, как и для контроллера XDPL8105). Заканчивая рассказ о контроллере XDPL8220, отметим еще несколько положительных характеристик данного прибора. Это – малое время выхода на режим при включении (менее 250 мс), малое потребление в режиме ожидания (меньше 70 мВт) и практически полное отсутствие низкочастотного фликера (колебаний светового потока) за счет применения двухкаскадной схемы. Что касается остальных характеристик, в том числе – отвечающих за функции защиты, то они, по большому счету, не отличаются от аналогичных для контроллера XDPL8105, рассмотренного выше. Но, как и следовало ожидать, количество конфигурационных параметров для контроллера XDPL8220 существенно увеличилось.

Как видим, от разработчиков светодиодных драйверов на базе этих контроллеров требуется больше умения разбираться в параметрах конфигурации, нежели в схемотехнике изделия. А параметров этих, мягко говоря, очень много. Достаточно сказать, что в документации на XDPL8220 перечень настраиваемых параметров занимает добрых семь страниц. К счастью, компания Infineon снабжает разработчиков отладочными платами под различные конфигурации светодиодных источников питания с уже предустановленными параметрами. Полное описание всех отладочных средств с их характеристиками заняло бы слишком много места, поэтому ограничимся здесь только примерами двух отладочных плат под каждый из рассмотренных выше контроллеров с указанием их кратких характеристик и внешнего вида.

На рисунке 10 показана отладочная плата для контроллера XDPL8105, сконфигурированная под светодиодный драйвер на 40 Вт. Кроме компонентов, имеющих непосредственное отношение к схемотехнике источника питания, на плате дополнительно установлена микросхема **CDM10V** (Infineon), о которой

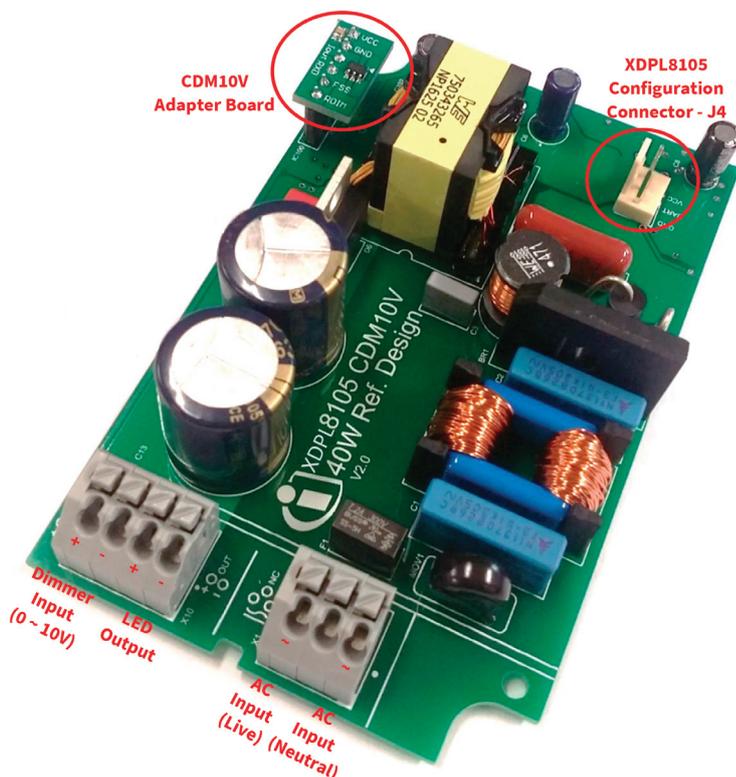


Рис. 10. Отладочная плата для контроллера XDPL8105 с конфигурацией светодиодного драйвера на 40 Вт

уже упоминалось выше. Она позволяет осуществлять диммирование с помощью внешнего переменного резистора либо аналоговым сигналом 0...10 В. Разъемы для подключения внешнего диммера помечены на рисунке как "Dimmer Input". Также на рисунке 10 выделены разъемы для подключения к сети переменного тока (AC Input), выходные контакты для подключения светодиодной нагрузки (LED Output) и коннектор для подключения к шине UART контроллера с целью конфигурации его параметров (на рисунке отмечен как "Configuration Connector", J4). Из основных электрических характеристик следует упомянуть входное напряжение переменного тока 90...305 В, выходное напряжение 16...45 В и заданное значение выходного тока 880 мА. На рисунке 11 изображена аналогичная отладочная плата для контроллера XDPL8220 под 50-ваттный светодиодный драйвер.

Так же, как и в предыдущем случае, это решение включает микросхему димминга CDM10V и соответствующие разъемы для подключения аналогового сигнала (отмечены на рисунке 11



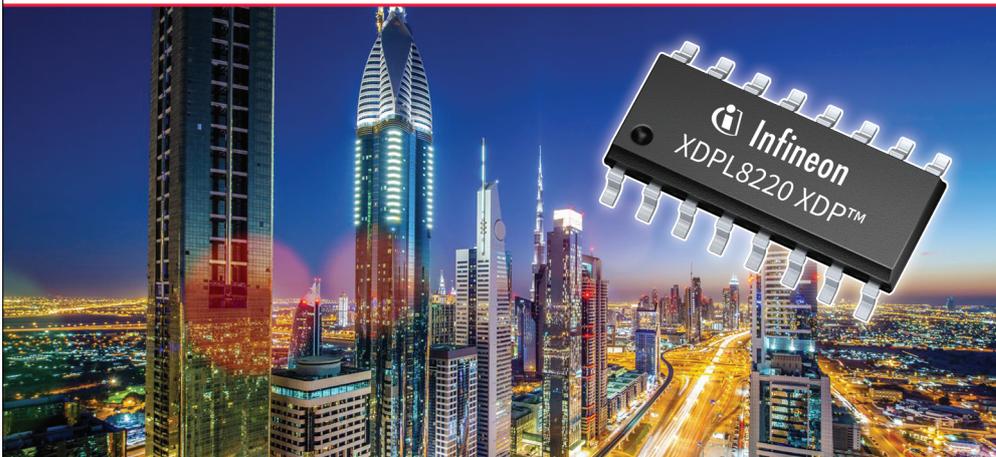
Рис. 11. Отладочная плата для контроллера XDPL8220 с конфигурацией светодиодного драйвера на 50 Вт

как Dimming Input). Также имеются разъемы питания (AC Input), нагрузки (LED Output) и программирования (Programming Connector). Основные электрические характеристики тоже практически совпадают, за исключением выходного напряжения (повышено до 48 В) и заданного значения выходного тока (1500 мА), что связано с более высокой мощностью устройства.

Конечно, подобное описание дает лишь наиболее общее представление

об аппаратных средствах отладки, предоставляемых компанией Infineon в помощь разработчику. С другой стороны, в рамках одной статьи просто невозможно уделить должное внимание данному вопросу из-за слишком большого объема информации. Но такой задачи и не ставилось. Целью данной статьи было рассказать разработчику источников питания о новых концепциях в области силовой электроники и новых принципах проектирования применительно к светодиодным драйверам. Важнее всего было проявить те неоспоримые преимущества, которые дает применение принципов концепции Digital Power, а именно – значительное сокращение сроков, а также стоимости разработки и времени выхода на рынок, существенное снижение затрат на компоненты и производство изделий, быстрая реакция на запросы рынка и многое другое. А для наглядной демонстрации этих преимуществ были представлены контроллеры компании Infineon, воплотившие в себе конкретную реализацию данной концепции. На примере этих контроллеров было показано, что их применение не только значительно упрощает и ускоряет процесс разработки, к тому же – снижая себестоимость изделия, но, более того, позволяет создавать устройства нового поколения с такими характеристиками, которые невозможно было получить при использовании традиционных аналоговых компонентов. С учетом этих обстоятельств можно ожидать, что в самое ближайшее время на рынке светодиодных светильников появится новый класс изделий, отличающихся малой стоимостью, высокой эффективностью, хорошей электромагнитной совместимостью, экономичностью и управляемостью. 

XDPL8220 – новая ступень цифрового управления LED-освещением



- Отсутствие низкочастотных пульсаций (фликера) на выходе
- КПД: до 91%
- Коэффициент мощности: более 0,9
- Коэффициент нелинейных искажений входного тока: не более 15%
- Диммирование за счет изменения амплитуды тока