

Александр Самарин (г. Зеленоград)

ЭЛЕКТРОННЫЙ БАЛЛАСТ ДЛЯ СВЕТОДИОДНЫХ ЛАМП НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА NCP1351



Электронный балласт для светодиодных светильников — это импульсный сетевой источник питания с выходным генератором тока, который обеспечивает стабильную работу во всем диапазоне питающих напряжений сети, а также комплексную защиту при перегрузках. Статья посвящена построению такого балласта с высокой эффективностью преобразования и малым уровнем ЭМИ на базе ШИМ-контроллера NCP1351 компании ON Semiconductor.

Типовая архитектура схемы электронного балласта для светодиодных светильников реализована на импульсном преобразователе напряжения. В зависимости от требуемой выходной мощности в структуре импульсного АС/DC-преобразователя могут быть использованы разные топологии. В частности, для реализации источников малой и средней мощности широко применяется топология обратного преобразования — Flyback. Структура Flyback-преобразователя состоит из диодного выпрямителя, емкостного фильтра, контроллера преобразователя, выходного силового ключа, импульсного трансформатора (рис. 1).

Для уменьшения уровня помех на входе дополнительно используется LC-фильтр.

В обратном преобразователе длительность включенного состояния ключа больше длительности выключенного. Делается это для того, чтобы большее количество энергии было запасено в трансформаторе и передано в нагрузку. Обратная связь по напряжению организована через оптрон, а по току — через дополнительную обмотку силового трансформатора.

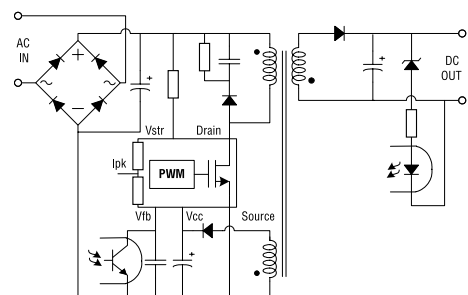


Рис. 1. Типовая схема Flyback-преобразователя

Ключевым элементом импульсного сетевого источника питания является микросхема ШИМ-контроллера. Его основная функция — управление силовыми транзисторами, стоящими в первичной цепи импульсного трансформатора, и поддержание выходного напряжения на заданном уровне с помощью сигнала обратной связи. Структура ШИМ-контроллеров также обеспечивает и дополнительные функции, повышающие эффективность и надежность источника питания:

- Ограничение тока и скажности импульсов в цепи управления силовыми транзисторами;
- Плавный запуск преобразователя после подачи питания (*Soft Start*);
- Встроенный динамический источник питания от высоковольтного входного напряжения;
- Контроль уровня входного напряжения с устранением «провалов» и «выбросов»;
- Защита от КЗ в цепи силового трансформатора и выходного выпрямителя;

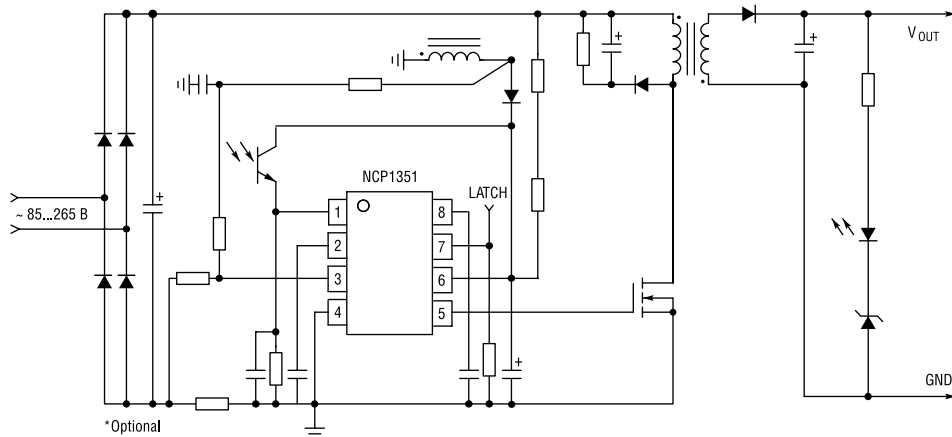


Рис. 2. Структурная схема сетевого источника питания на базе NCP1351

- Температурная защита контроллера, а также ключевого элемента;
- Блокировка работы преобразователя при пониженном и повышенном выходном напряжении;
- Оптимизация управления для дежурного режима и режима с пониженным током в нагрузке (пропуск циклов или переход на пониженную частоту преобразования);
- Оптимизация уровня ЭМИ.

Контроллер Flyback-преобразователей NCP1351

ШИМ-контроллер NCP1351 компании ON Semiconductor является прекрасной основой для построения современных сетевых импульсных источников питания для широкого класса приложений, в частности — для светодиодных светильников. Микросхемы характеризует невысокая стоимость, высокая эффективность преобразования, экономичность за счет понижения энергопотребления в дежурном режиме, высокая надежность, обеспечиваемая наличием комплекса встроенных защит, а также низкий уровень ЭМИ.

В состав схемы преобразователя входят: входной фильтр, выпрямительный мост (в котором можно использовать недорогие диоды 1N4007), конденсатор фильтра, индуктивность фильтра, силовой ключ, выпрямительный диод и сглаживающий конденсаторный фильтр (рис. 2).

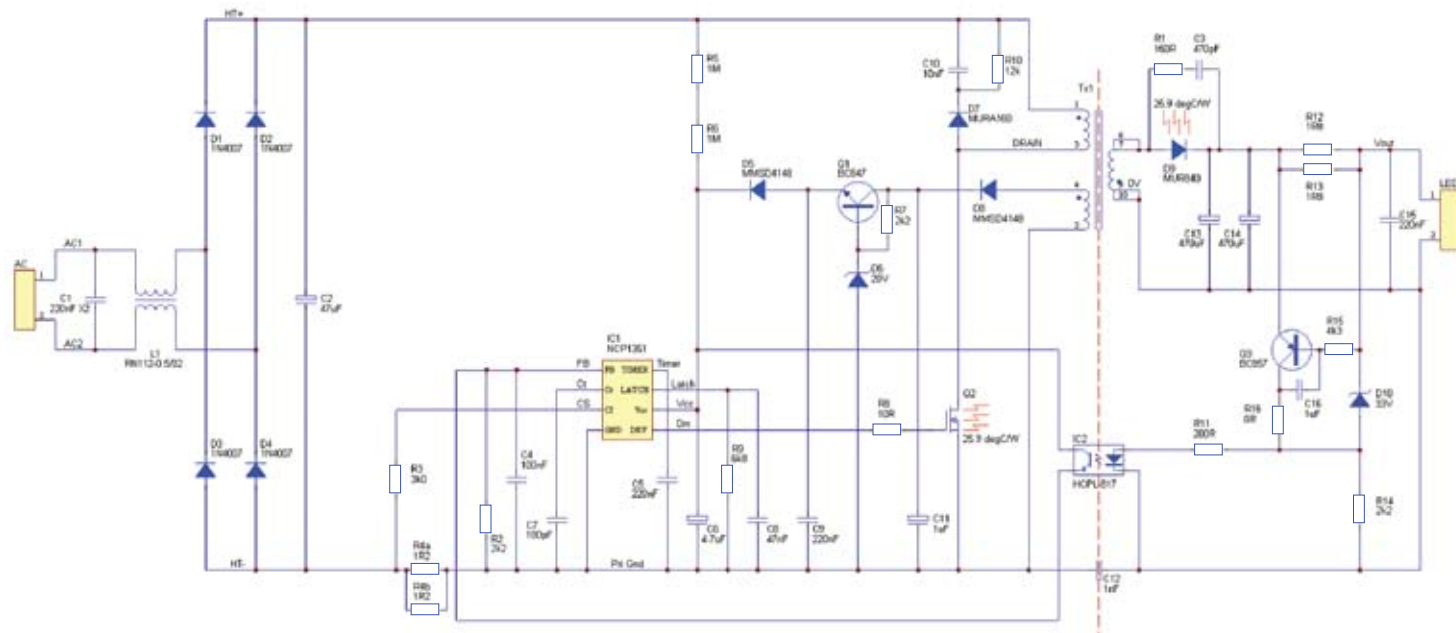


Рис. 3. Схема электронного балласта для питания светодиодных светильников с мощностью до 25 Вт

Микросхема имеет очень низкий ток покоя, позволяющий использовать высокоомные резисторы в схеме запуска преобразователя с питанием непосредственно от высоковольтной шины. Для управления используется технология фиксированного пикового тока в открытом состоянии ключа (*quasi fixed TON*). Контроллер снижает частоту переключения при уменьшении нагрузки. В результате источник питания (ИП) на базе NCP1351 обеспечивает отличную эффективность при изменении тока в нагрузке. Внешний подстраиваемый таймер непрерывно следит за наличием и уровнем сигнала обратной связи для того, чтобы обеспечить защиту ИП от короткого замыкания и токовой перегрузки. При срабатывании таймера NCP1351 прекращает работу и остается в режиме защелки для версии прибора А или же пытается выполнить перезапуск для версии прибора В. Блокировка работы преобразователя по входу LATCH производится при одном из двух условий: при повышении тока в обмотке трансформатора датчика перегрузки в первичной цепи или же по сигналу оптрона о перегрузке во вторичной цепи.

Блокировка срабатывает при обнаружении повышенного тока в цепи нагрузки, например, при коротком замыкании. Условие короткого замыкания определяется таймером длительностью 80 мс. Если повышенный ток детектируется более 80 мс, то ситуация оценивается как аварийная, и работа преобразователя блокируется.

Внутренняя структура контроллера потребляет минимальный уровень тока при запуске преобразователя. Этот базовый параметр особенно важен при проектировании ИП с низким потреблением в дежурном режиме. Технология токового датчика в цепи обратной связи с отри-

цательным током позволяет минимизировать уровень шума преобразователя при переключениях, обеспечивая максимальный уровень напряжения на резисторе токового датчика. Мощность рассеивания на датчике при этом минимальная.

Основные параметры контроллера:

- Квазипостоянный режим частотного регулирования тока (*Quasi-fixed TON*) и переменное время нахождения в фазе выключенного состояния;
- Очень низкий уровень тока при запуске преобразователя;
- Режим сжатия сигнала пикового тока, уменьшающий уровень акустического шума трансформатора;
- Возможность регулировки как в первичной, так и во вторичной цепях;
- Наличие входа блокировки защиты OTP, OVP;
- Использование дизеринга для улучшения спектра ЭМИ;
- Наличие внешней защиты от Easy External Over Power Protection (OPP);
- Защита при пониженном напряжении на входе;
- Очень низкий уровень потребления в дежурном режиме за счет режима расширения фазы выключенного состояния;
- Корпус SOIC-8;
- Защита от сверхтоков, с режимом защелки или автовосстановления после перегрузки (реализована в версиях А и В);
- Двухступенчатая защита от токовой перегрузки с защелкой или автовосстановлением после перегрузки (реализована в версиях С и D).

Области применения:

- Дополнительный ИП в системах энергопитания;
- Сетевой источник питания для принтеров, игровых приставок, дешевых сетевых адаптеров;

- Зарядные устройства для аккумуляторов;
- Электронный балласт светодиодных светильников.

Рассмотрим подробнее некоторые полезные функции, реализованные в структуре контроллера, позволяющие улучшить эффективность преобразования и надежность работы в критических режимах.

Функция блокировки (Latch) при аварийных ситуациях.

Переход в аварийный режим при обнаружении критических ситуаций может предусматривать как принудительное ограничение тока, так и полную блокировку работы преобразователя. При блокировке останавливается задающий ШИМ-генератор, и запрещается подача активного сигнала для силового транзистора. В зависимости от типа или модификации микросхем возможны два сценария блокировки (*Latch*). В первом случае преобразователь «защелкивается» и не меняет свое состояние, даже если условие, вызвавшее его, уже пропало. Восстановление работы преобразователя возможно лишь после выключения сетевого напряжения и повторного включения питания. Во втором случае реализуются попытки автовосстановления (*autorecovery*) нормальной работы преобразователя. Для этого в структуре контроллера приблизительно на 1,5 секунды запускается таймер. После этого контроллер вновь проверяет наличие критических ситуаций, и, если они сохраняются, блокировка остается. В этом случае светодиодный индикатор сетевого источника будет мигать с периодом 1,5 секунды. Автовосстановление происходит только при срабатывании по понижению напряжения.

Режим пониженной частоты (Frequency foldback). В контроллере

NCP1351 используется режим с переходом на пониженную частоту (*Frequency foldback*). Такой переход происходит при уменьшении сигнала обратной связи ниже порогового. При уменьшении частоты пиковый ток пропорционально снижается примерно на 30% от максимального значения для того, чтобы предотвратить явление механического резонанса в трансформаторе и тем самым уменьшить риск возникновения нежелательных акустических шумов при изменении нагрузки, особенно в дежурном режиме.

Уменьшение ЭМИ за счет использования дизеринга частоты внутреннего генератора (Natural Frequency Dithering). Для контроллеров, работающих на фиксированной частоте, используется прием введения малой частотной модуляции около центральной частоты. Наличие вариаций частоты не влияет на работу преобразователя, однако позволяет «размыть» спектр ЭМИ и таким образом уменьшить амплитуду электромагнитного излучения, индуцируемого в цепи трансформатора и преобразователя. В качестве сигнала управления модуляцией используются естественные пульсации сетевого напряжения на конденсаторе фильтра.

Dual level OCP (Over Current Protection) – двухуровневая защита от токовой перегрузки. Защита от повышенного тока (*Overcurrent Protection*) в нагрузке и силовых цепях имеет два различных уровня. На низком уровне контроллер сохраняет способность к регулированию, но имеет долгий старт. На высоком уровне при потере сигнала регулирования запускается обычный таймер. Это позволяет ИП кратковременно работать в режиме критической мощности. Токовая защита зависит только от сигнала в цепи обратной связи.

Модуль электронного балласта для светодиодных светильников мощностью до 20 Вт

На базе контроллера NCP1351 инженерами компании ON Semi был разработан модуль источника питания, предназначенный для использования в качестве электронного балласта светодиодных светильников (рис. 3).

Основные параметры источника питания:

- Широкий диапазон входных напряжений сети 85...265 В;
- Гальваническая развязка выходной схемы от сети;
- Малые габариты и цена;
- Размер модуля 125x37x35 мм;
- Хороший уровень регулирования;
- Высокая эффективность преобразования;
- Защита от токовой перегрузки и короткого замыкания на выходе;
- Максимальное выходное напряжение 33 В;

Таблица 1. Прямое падение напряжения для разных категорий мощных светодиодов

Прямой ток, мА	Прямое напряжение, В
350	3,42
700	3,60
1000	3,72
1500	3,85

Таблица 2. Варианты топологий светодиодных излучателей

Тип/Число светодиодов в цепочке	Ток в цепочке светодиодов			
	350, мА	700, мА	1 А	1,5 А
LUXEON® I	11	—	—	—
LUXEON® III	10	6	4	—
LUXEON® Rebel	10	6	4	—
LUXEON® K2	11	6	4	2
Cree XR-E®	12	8	5	—
Cree XP-E®	12	8	—	—
OSRAM Platinum Dragon®	12	7	5	—
Напряжение на светодиодной цепочке, В	45	33	22	12
Резисторы порога ограничения выходного тока R12 & R13	3R6	1R8	1R2	0R8

Таблица 3. Варианты топологий светодиодных излучателей

Демонстрационная плата	Короткое описание
NCP1351ADAPGEVB	NCP1351 57 W ADAPTER EVB
NCP1351LEDGEVB	20 W CONSTANT CUR LED DRV
NCP1351PRINTGEVB	NCP1351 40 W PRINTER EVB
NCP1392LCDTVGEVB	NCP1392HV HB DRVW

- Диапазон рабочего тока 350...1500 мА;
- Эффективность преобразования 80% при номинальной нагрузке;
- Конвекционный тип охлаждения;
- Температурный диапазон 0...70°C.

Предложенная схема может обеспечивать и более высокую мощность. Однако для того, чтобы удовлетворять нормам требований IEC6100-3-2 Class С по электромагнитной совместимости, схема оптимизирована на работу при мощности менее 25 Вт.

Ток и прямое падение на мощных светодиодах

Яркость свечения светодиодов определяется уровнем тока, поэтому в цепи обратной связи источника используется контроль тока и обычный стабилизатор для ограничений максимального напряжения на выходе. В таблице 1 представлены типовые уровни прямого падения

напряжения для разных типов мощных белых светодиодов Luxeon при номинальных рабочих токах.

Исходя из этих значений рассчитывается номинальное напряжение на выходе источника питания светодиодной цепочки. Например, для цепочки из восьми светодиодов с током 700 мА и суммарным потреблением 20,2 Вт получаем напряжение 28,8 В. В таблице 2 представлены возможные варианты организации светодиодных цепочек с использованием приборов различной мощности. Модифицирование модуля источника для различного уровня тока через светодиоды производится установкой требуемого номинала резисторов R12/R13 в схеме ограничения тока на транзисторе Q3.

В таблице 2 указаны номиналы напряжений источника питания для данных вариантов, а также расчетные значения резисторов R12/R13, задающих



Рис. 4. Внешний вид модуля электронного балласта для светодиодных светильников

ограничение тока на выходе источника питания.

Подробная методика расчета и выбор компонентов для преобразователя приведена в источнике [3].

На рис. 4 показана конструкция модуля электронного балласта, реализованная на основе контроллера NCP1351. Размер платы 125x37 мм.

Модуль достаточно компактен для размещения в корпусах светодиодных настенных и потолочных светильников.

На рис. 5 показан график зависимости эффективности преобразования данного источника питания от напряжения на цепочке светодиодов.

График отражает практически очевидную зависимость — чем больше напряжение питания на светодиодной цепочке (и, соответственно, больше число светодиодов), тем выше эффективность преобразования. Чем ближе напряжение во входной цепи к выходному напряжению, тем выше эффективность. Для сетевого напряжения 115 В эффективность будет немного выше, чем для 220 В. Однако есть и предел, обусловленный уровнем потерь на силовых элементах преобразователя.

Демо-платы контроллера AC/DC FlyBack конвертора NCP1351

Для демонстрации работы микросхемы контроллера NCP1351 в источниках питания компания ON Semi предлагает

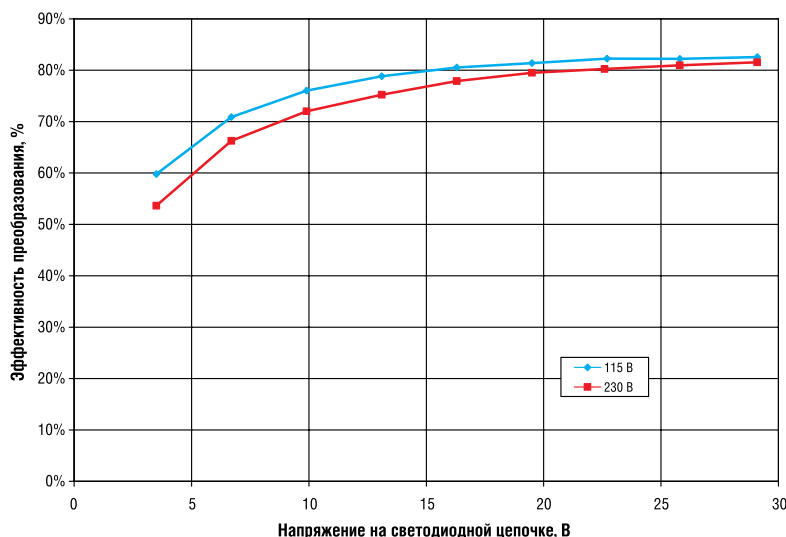


Рис. 5. Зависимость эффективности преобразования от напряжения на цепочке

ет ряд демонстрационных плат (таблица 3). Эти платы доступны для заказа в компании КОМПЭЛ.

Базовая схема NCP1351PRINTGEVB используется в серийном импульсном источнике питания для линейки лазерных принтеров/сканеров Hewlett-Packard, что демонстрирует высокий уровень разработки и качество продукции ON Semi.

2. AND8278/D NCP1351 Evaluation Board 16 V/32 V – 40 W Printer Power Supply

3. Design Note – DN06040/D Universal Input, 20 W, LED Ballast.

Литература

1. NCP1351 Variable Off Time PWM Controller.Datasheet

Получение технической информации, заказ образцов, поставка – e-mail: analog.vesti@compel.ru

ON Semiconductor®

Enabling Energy Efficient Solutions

ШИМ-контроллер NCP1351

- Квазипостоянный режим частотного регулирования тока
- Переменное время нахождения в фазе выключенного состояния
- Очень низкий уровень тока при запуске преобразователя
- Режим сжатия сигнала пикового тока
- Уменьшающий уровень акустического шума трансформатора
- Корпус SOIC-8

Москва
Тел.: (495) 995-0901
Факс: (495) 995-0902
E-mail: msk@compel.ru

Санкт-Петербург
Тел.: (812) 327-9404
Факс: (812) 327-9403
E-mail: spb@compel.ru

Компэл
www.compel.ru