

Контроллеры ON Semiconductor для сетевых источников питания с экономичным дежурным режимом

Ирина РОМАДИНА
ons@compel.ru

Современные электронные приборы постоянно включены в сеть и потребляют электроэнергию даже в дежурном (Standby) режиме. По предварительным оценкам в мире в настоящее время эксплуатируется около 3–4 миллиардов таких устройств. Как подсчитало Международное энергетическое агентство (International Energy Agency), от 5 до 15% электроэнергии расходуется именно в дежурном режиме. Увеличение эффективности сетевых преобразователей напряжений и уменьшение потребления в дежурном режиме является актуальной проблемой в процессе проектирования новых электронных приборов. Так как масштабы применения бытовой и промышленной электроники растут, актуальность этой проблемы только усиливается.

Введение

Еще лет двадцать назад практически все бытовые приборы (кроме холодильников) после рабочего сеанса всегда выключались из сети потребителем с помощью механических выключателей или же просто посредством выдергивания вилки сетевого кабеля из розетки. По мере развития и удешевления элементной базы появились электронные приборы нового поколения, которые имели дежурный режим и не требовали постоянного механического отключения прибора от сети. Включение и выключение производилось электронным переключателем на основе транзисторных ключей или реле. А для питания прибора использовался отдельный встроенный дежурный источник.

В настоящее время дежурный режим поддерживается практически всеми устройствами. Наличие такого режима дало возможность использовать дистанционное управление прибора, упростить и обезопасить эксплуатацию электронных устройств. При начальном внедрении технологии дежурный режим, в первую очередь, обеспечивал поддержку дистанционного управления, а вопрос об экономии электроэнергии вообще не рассматривался. Лишь в последние 5–8 лет стала актуальна проблема внедрения новых энергосберегающих технологий.

Потери в дежурном режиме одного устройства кажутся незначительными — до нескольких ватт на устройство. Но если учесть, что в каждой квартире постоянно включены в сеть и имеют дежурный режим от 10 до 20 устройств различной техники, то получим уже 15–20 Вт энергии, растрачиваемой практиче-

ски впустую. В сутки, работая только в дежурном режиме, бытовая техника одной квартиры способна «съесть» до полкиловатта электроэнергии. А если посчитать годовое потребление всей техники в дежурном режиме, то получится очень внушительная цифра.

Экономия электроэнергии в дежурном режиме может быть получена, если использовать новые технологии в области источников электропитания, в частности, заменить неэкономичные линейные источники питания на интеллектуальные импульсные источники.

До недавнего времени импульсные источники мощностью до 5 Вт не могли конкурировать с линейными источниками в цене, поэтому производители не делали акцент на энергосбережение. И только в последние годы правительства многих стран стали поддерживать идею разработки энергосберегающих источников питания и агентства по охране окружающей среды начали разрабатывать энергосберегающие стратегии.

В настоящее время можно выделить два класса устройств с сетевым питанием. К первому классу относятся устройства, в которых необходимо реализовать два независимых сетевых источника питания — основной с мощностью от 50 до 700 Вт и вспомогательный (дежурный) с мощностью до 1 Вт (100–200 мВт в режиме Sleep). Пример такого устройства — персональный компьютер. Ко второму классу относятся приборы, которые имеют один сетевой источник, обеспечивающий питание устройства как в рабочем режиме (с мощностью 5–20 Вт), так и в дежурном, с малым потреблением энергии (менее 100 мВт). К данному классу можно отнести, например, сетевые зарядные устройства для подзарядки

аккумуляторов, встроенных в мобильные устройства. После завершения процесса зарядки адаптер должен перейти в дежурный режим со сверхнизким потреблением.

Концепция TinySwitch компании Power Integration

Впервые концепция интегральной структуры эффективного сетевого маломощного источника питания с малым потреблением в дежурном режиме была предложена и реализована американской фирмой Power Integration в 1998 году. Многие производители сетевых адаптеров используют в своих изделиях микросхемы интегральных контроллеров TinySwitch. Именно Power Integration впервые в мире смогла реализовать на одной кремниевой подложке аналоговую и логическую части вместе с высоковольтным МОП-ключом с рабочим напряжением до 700 В.

С тех пор аналогичные силовые интегральные структуры были реализованы многими фирмами, производителями микросхем.

Типовая структура сетевого импульсного адаптера напряжения

На рис. 1 показана типовая структура сетевого импульсного адаптера.

Структура адаптера содержит:

- входные ЭМИ-фильтры;
- диодный мост для выпрямления сетевого напряжения;
- фильтр выпрямленного напряжения;
- схему управления высоковольтным ключом;
- высоковольтный ключ;
- импульсный трансформатор;

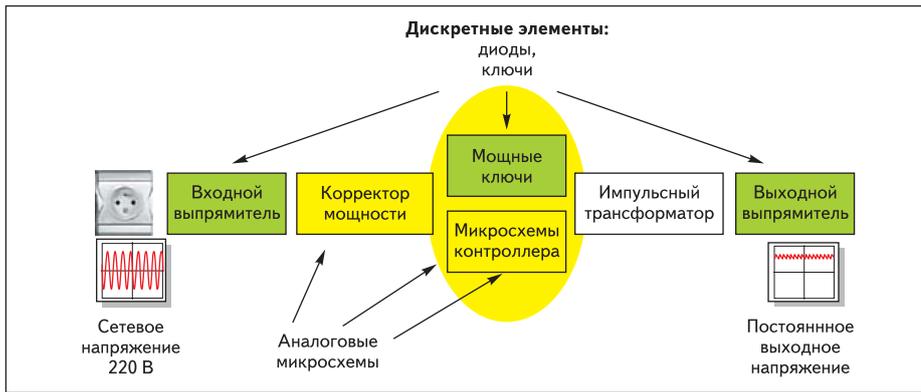


Рис. 1. Типовая структура AC/DC-конвертора

- выходные диодные выпрямители и фильтры;
- оптронную схему для передачи сигнала обратной связи по току или напряжению.

В настоящее время имеется множество типов микросхем, в которых осуществлена интеграция в одном корпусе различных компонентов сетевого конвертора. Структура сетевого адаптера представляет в этом случае набор из интегральной силовой части и дискретных элементов, не поддающихся интеграции.

Есть примеры, когда в одном корпусе интегрируются диодный мост и схема управления, а выходной ключ реализуется дискретно. В других случаях в одном корпусе интегрированы схема управления ключом, сам ключ, а также схемы питания логики и защиты. Для реализации адаптеров, работающих в рабочем и дежурном режимах, используется вторая схема интеграции.

В рабочем режиме потребление может достигать 20 Вт, а в дежурном, при отключении нагрузки, снижаться до 80 мВт. В телевизорах и компьютерах присутствуют два сетевых источника — основной и дежурный. Дежурный источник обеспечивает питание контроллера, осуществляющего включение и выключение основного питания, и постоянно подключен к сети.

Линейка контроллеров ON Semi для создания эффективных сетевых маломощных адаптеров с дежурным режимом

За последние несколько лет ON Semiconductor стала лидером на рынке энергосберегающих решений, разрабатывая и производя продукцию с расширенными функциями.

В линейке ON Semi имеется широкая номенклатура контроллеров для построения AC/DC-источников различной мощности и функционального назначения, в частности, разработанная в 2004–2006 годах серия контроллеров для AC/DC-конверторов малой и средней мощности, в которых используется дежурный режим со сверхмалым энергопотреблением. Это серия NCP101x (для по-

строения сетевых адаптеров малой мощности до 10 Вт) и NCP102x (для сетевых адаптеров средней мощности — до 30 Вт).

В названии данной серии — “Self-Supplied Monolithic Switcher for Low Standby-Power Offline SMPS” — указаны все ключевые компоненты технологии. А именно:

- Self-Supplied — питание логики контроллера производится от выпрямленного сетевого напряжения, как при начальном запуске, так и в рабочем режиме.
- Monolithic — логика контроллера, питание и высоковольтный ключ интегрированы в одном корпусе.
- Switcher — контроллер импульсного конвертора.
- Low Standby-Power — низкое потребление в дежурном режиме.
- Offline SMPS — импульсные дежурные источники питания.

Контроллеры предназначены для широкого использования во многих приложениях, таких как потребительская и компьютерная электроника, питание промышленной и телекоммуникационной аппаратуры.

Структура контроллеров для сетевых адаптеров

Микросхема контроллера (рис. 2) содержит схему управления и встроенный высоковольтный МОП транзисторный ключ на 700 В. Кроме этого, в микросхеме имеются: встроенный источник динамического автопитания, тактовый генератор с модуляцией частоты для минимизации ЭМИ, схема аварийного перезапуска и температурная защита (с гистерезисом).

Структура микросхем всех членов семейства NCP101x одинакова. На технологическом этапе для разных модификаций могут меняться лишь два параметра — сопротивление высоковольтного ключа в открытом состоянии и частота внутреннего генератора.

Микросхемы контроллеров работают в режиме с токовой обратной связью и на одной из фиксированных частот: 65–100 или 130 кГц. Частота задается технологически и указывается на корпусе микросхемы. Пользователь должен сам выбрать для своего приложения нужную модификацию микросхемы с заданной частотой. Для этого нужно правильно указать частотную опцию в карте заказа микросхемы. В таблице 1 приведены базовые параметры семейства NCP101x.

Модификации микросхем с номерами 12, 13, 14 имеют низкоомный силовой ключ, который и обеспечивает большую токовую нагрузочную способность. Дополнительный выбор частоты дает возможность оптимизировать различные параметры сетевого преобразователя, в зависимости от предъявляемых требований как к электрическим параметрам (КПД, выходная мощность, максимальный ток, диапазон входных напряжений), так и к размерам трансформатора и занимаемому месту на печатной плате.

Рекомендации по выбору типа, частотной модификации и схемы включения контроллеров серии NCP101x приведены в [4].

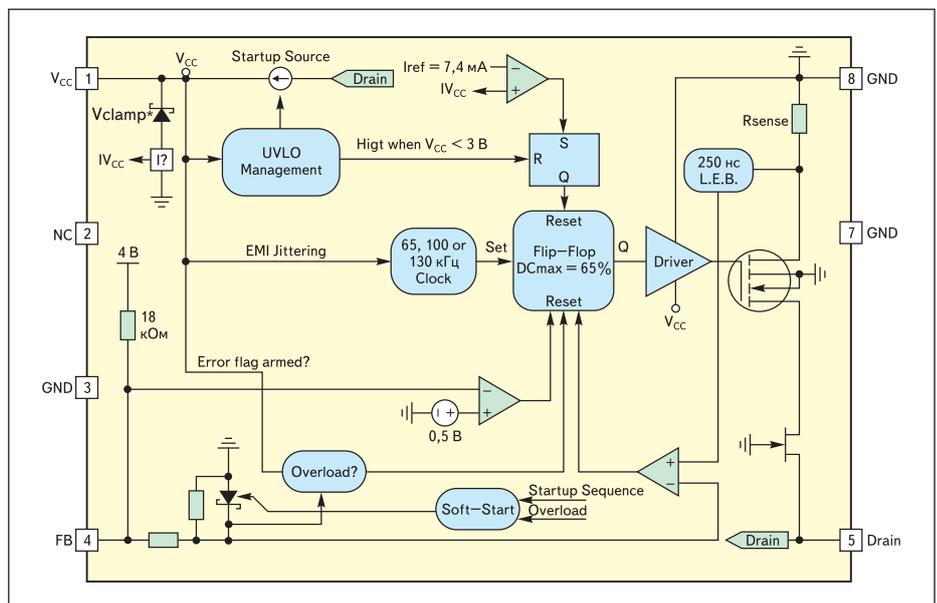


Рис. 2. Структура контроллера серии NCP101x

Таблица 1. Базовые параметры семейства NCP101x

Параметры	NCP1010			NCP1011			NCP1012			NCP1013			NCP1014		
Сопротивление ключа в открытом состоянии $R_{ds(on)}$, Ом	22												11		
Максимальный ток, мА	100			250			250			350			450		
Частота преобразования, кГц	65	100	130	65	100	130	65	100	130	65	100	130	65	100	130

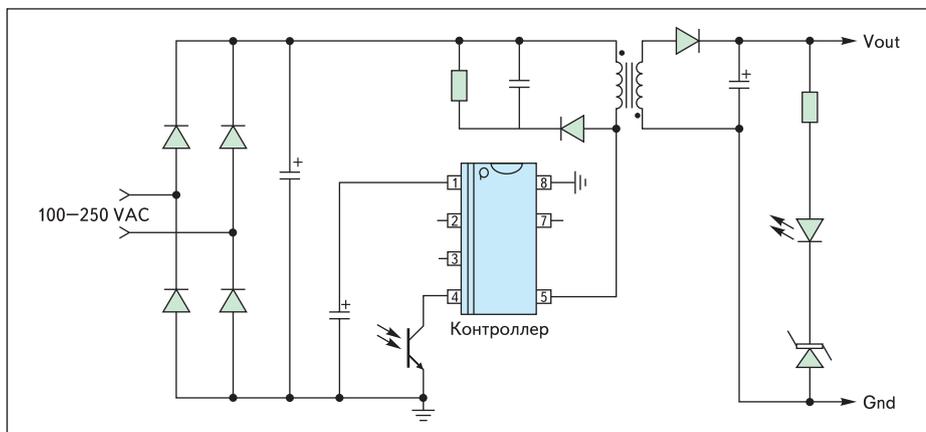


Рис. 3. Базовая схема применения контроллеров NCP101x/102x

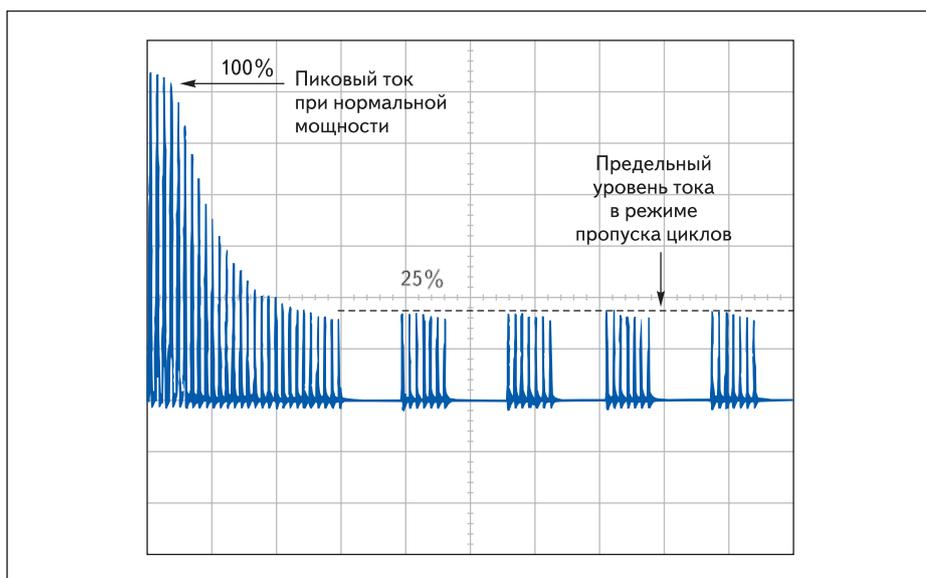


Рис. 4. Диаграмма выходных токовых импульсов при номинальной нагрузке (слева) и в дежурном режиме (справа)

Для оптимального выбора типа микросхемы и режима при проектировании сетевого адаптера для конкретного приложения нужно обязательно ознакомиться с данным документом и аккуратно следовать приведенным в нем рекомендациям.

Для построения сетевых адаптеров на базе контроллеров указанных серий используются дополнительные дискретные компоненты — диодный мост, выпрямительные диоды вторичной сети, фильтрующие конденсаторы, LC-фильтры и резисторы. На рис. 3 показана базовая схема применения контроллеров NCP101x/102x.

По сути, структура контроллера представляет собой контроллер DC/DC-конвертера понижающего типа. То есть на базе контроллера можно реализовать понижающий DC/DC-

конвертер с широким диапазоном входных напряжений.

Режим с обратной связью по току (Current Mode Control) обеспечивает и малый уровень пульсаций, и меньший уровень звуковых шумов при работе. Потенциальными источниками звуковых шумов (свиста), как правило, являются импульсный трансформатор, а также керамические конденсаторы с диэлектриком типа Z5U.

При уменьшении потребления начинается пропуск рабочих циклов частоты преобразователя (Skip-Cycle Mode). Расход энергии уменьшается, эффективность использования энергии увеличивается. На рис. 4 показана диаграмма выходных токовых импульсов.

Пропуск циклов при 25%-ном уменьшении амплитуды токовых импульсов гаранти-

рует отсутствие звуковых артефактов (свиста обмотки трансформатора) при работе сетевого адаптера.

Функция Self-Supply

В классических схемах контроллеров AC/DC-конвертеров для питания логики используется напряжение, получаемое с отдельной обмотки трансформатора, а также начальная схема запуска преобразователя. Функция Self-Supply, заявленная для серии NCP101x, означает возможность питания микросхемы в момент начального запуска, а также в рабочем режиме непосредственно от выпрямленного сетевого напряжения за счет наличия встроенного модуля DSS (Dynamic Self-Supply — буквально «динамическое самопитание»). Наличие этой опции дает возможность использовать более дешевый трансформатор без дополнительной обмотки для организации питания микросхемы. Возможен режим питания и от дополнительной обмотки трансформатора. В этом случае можно достичь лучших параметров для режима Standby.

Собственное потребление логики управления контроллера при питании от дополнительной обмотки — не более 80 мВт.

DSS — встроенный динамический источник питания

Особенностью структуры серий NCP101x/102x является наличие модуля встроенного источника питания DSS, который подключается непосредственно к стоковой шине высоковольтного ключа. На рис. 5 показана структура данного модуля.

Схема состоит из стабилитрона на 8,7 В и включаемого компаратором источника тока на 1,1 мА. Первый вход компаратора подключен к внутреннему источнику опорного напряжения, а второй — к катоду стабилитрона. При первом подключении к сети контроллера протекает ток около 8 мА. Как только конденсатор зарядится до 8,5 В, источник тока выключается. Источник тока включается только при превышении напряжения. Собственное потребление микросхемы при разных частотах примерно одинаковое — около

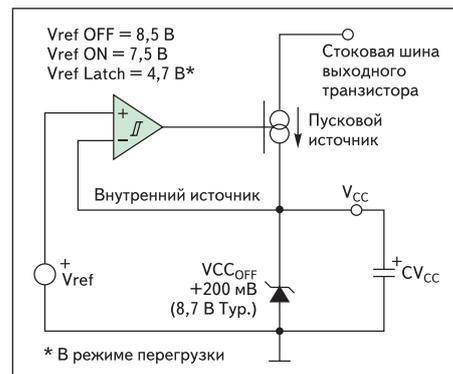


Рис. 5. Схема встроенного динамического источника питания контроллера (DSS)

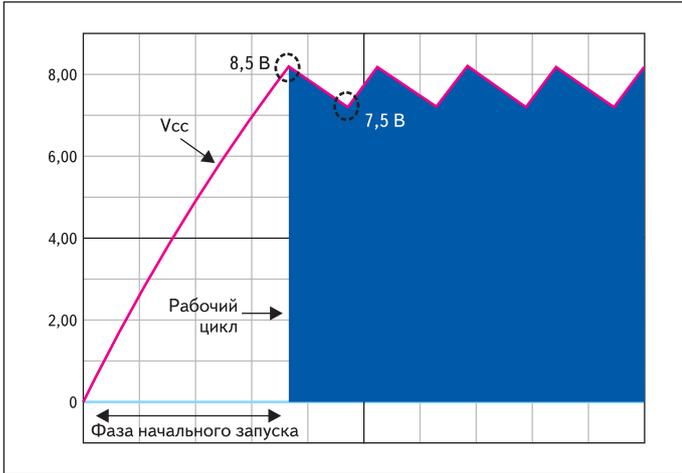


Рис. 6. Диаграмма работы динамического источника внутреннего напряжения

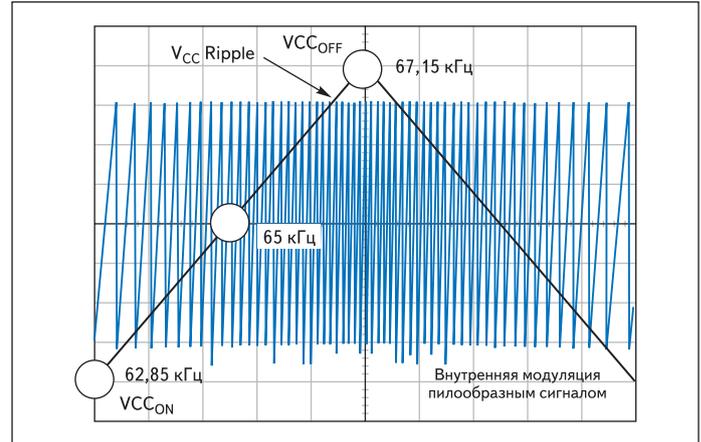


Рис. 7. Девияция частоты преобразования около центральной частоты (опция микросхемы 65 кГц) при использовании DSS

1 мА (при напряжении внутреннего источника питания 8 В).

При питании от этого конденсатора напряжение «просаживается» до 7,5 В, но в следующей фазе сетевого напряжения 50/60 Гц конденсатор опять подзаряжается и обеспечивает энергией работу узлов микросхемы.

Для худшего случая, когда выпрямленное напряжение на входе микросхемы достигает 370 В, а ток потребления логической части составляет около 1,1 мА (для версии микросхемы с частотой генератора 65 кГц), мы получаем, что встроенный динамический источник будет рассеивать мощность около 407 мВт. При увеличении частоты ток потребления немного увеличивается. Это приведет к дополнительному увеличению рассеиваемой мощности на DSS. Стоит заметить, что установка дополнительного теплоотвода не предусмотрена ни в одном из корпусов контроллеров, а возможности корпуса для отвода тепла ограничены. В корпусе присутствует два компонента, на которых выделяется большая часть мощности — это источник DSS и силовой ключ. Поэтому при использовании режима DSS мы понижаем выход-

ную мощность. Для расширения нагрузочной способности преобразователя настоятельно рекомендуется для питания логики контроллера (цепь VCC1) использовать дополнительную обмотку импульсного трансформатора. Очевидно, что это решение позволяет одновременно уменьшить потребление в дежурном режиме и увеличить на 25–30% полезную мощность, обеспечиваемую контроллером.

Деактивировать режим DSS очень просто: при подключении к выходу VCC питания от дополнительной обмотки производится запрет включения токового ключа и протекание тока по стоковой цепи для зарядки конденсатора. Напряжение, подаваемое с дополнительной обмотки, будет всегда выше порога запирающего ключа источника тока. Схема будет работать только при начальном запуске преобразователя.

Уменьшение уровня ЭМИ

Уровень ЭМИ конвертеров на базе линейки контроллеров NCP101x может быть уменьшен при использовании режима с DSS. Пульсации напряжения питания (рис. 6) исполь-

зуются в «мирных целях» и обеспечивают небольшую девиацию частоты встроенного генератора. За счет этого происходит «размазывание» спектральной энергии, а пиковая энергия значительно уменьшается. На рис. 7 показана диаграмма изменения частоты генератора синхронно с пульсацией на выходе DSS источника.

Сетевой адаптер для зарядки аккумулятора мобильных телефонов на базе NCP1011

На рис. 8 показан вариант применения микросхемы NCP1011 в сетевом адаптере для зарядки аккумуляторов мобильных телефонов.

Хотя в большинстве случаев эти приборы называют зарядными для мобильных устройств, это всего-то сетевой стабилизированный источник питания на фиксированное напряжение. Для мобильных устройств это напряжение, как правило, 5 В. Выходной ток адаптера — до 500 мА. Выходная мощность в активном режиме при зарядке аккумулятора — 2,5 Вт. Контроллер заряда, обеспечивающий оптимизацию тока в процессе зарядки, находится в самом мобильном устройстве. После окончания зарядки контроллер заряда автоматически выключается, а адаптер переходит в дежурный режим с потреблением менее 100 мВт. Можно заметить, что для уменьшения потребления в дежурном режиме используется схема с питанием контроллера от дополнительной обмотки трансформатора.

Сетевой источник для электробытовых приборов с дежурным режимом

На рис. 9 показан пример реализации сетевого источника для широкого класса электробытовых приборов, в которых применяется дежурный режим. Как правило, в них используется напряжение питания 12 В и средний ток потребления (300 мА). Например, это может быть встроенный блок питания модуля элек-

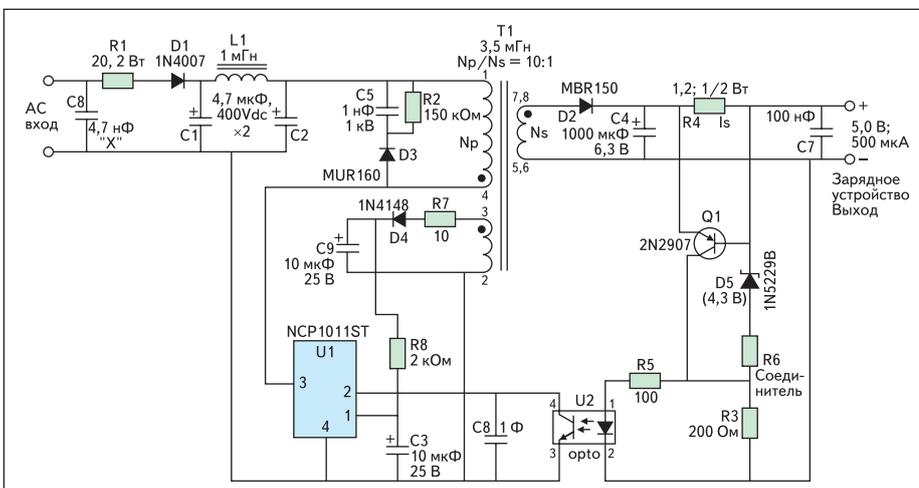


Рис. 8. Сетевой адаптер на базе NCP1011 для зарядки аккумулятора мобильного телефона

троники для кондиционера с дистанционным управлением.

Выходная мощность источника питания — до 3,6 Вт.

Драйвер для светодиодного светильника

Одним из эффективных приложений для сетевых адаптеров с дежурным режимом является светодиодный светильник. Этот светильник может иметь просто электронное включение/выключение, а также возможность дистанционного управления режимами освещения. На рис. 10 показан пример схемы сетевого адаптера на базе микросхемы контроллера NCP1013 для питания светодиодного светильника, а на рис. 11 приведен пример схемы источника питания на 10 Вт с двумя выходными напряжениями для применения в бытовой технике.

Генератор тока для светодиодной цепи собран на дискретных элементах.

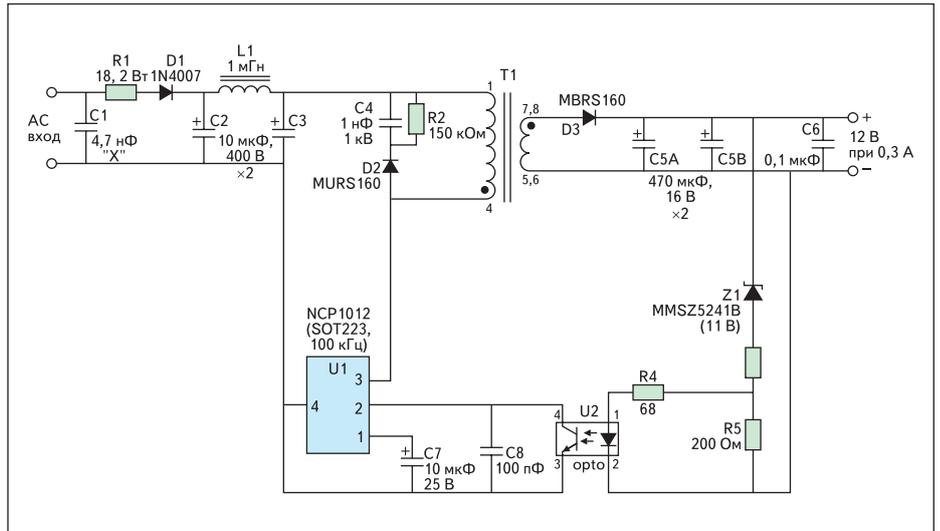


Рис. 9. NCP1012 — дежурный источник питания для электробытовых приборов с питанием от сети

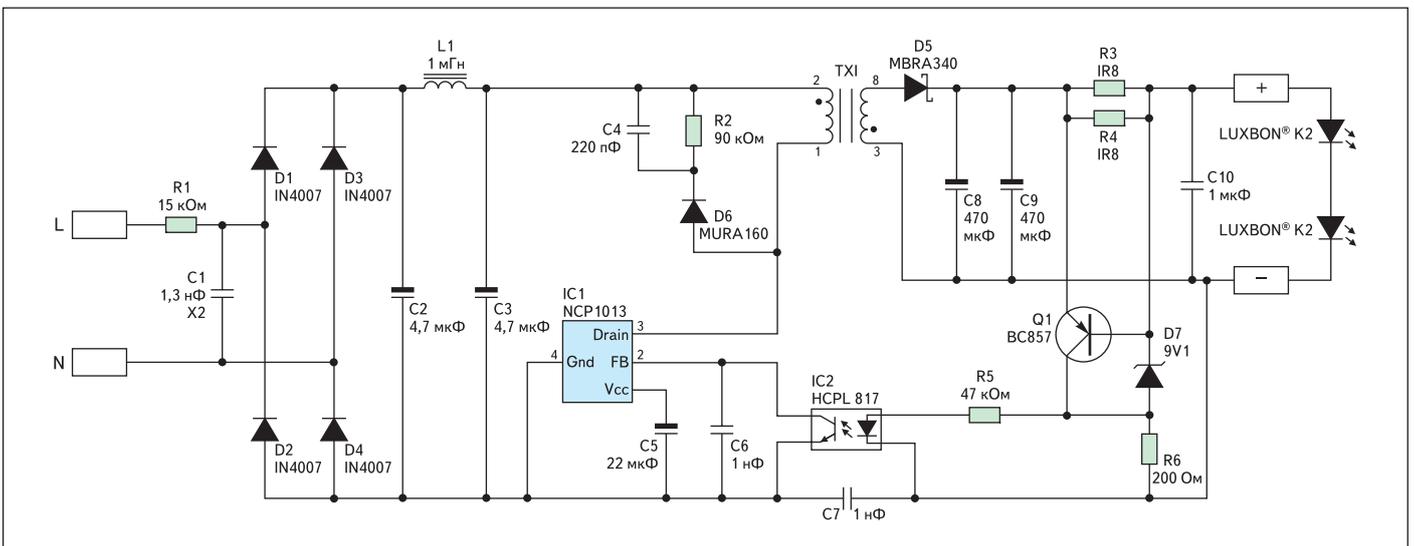


Рис. 10. Типовой источник для питания светодиодного светильника с мощностью до 5 Вт

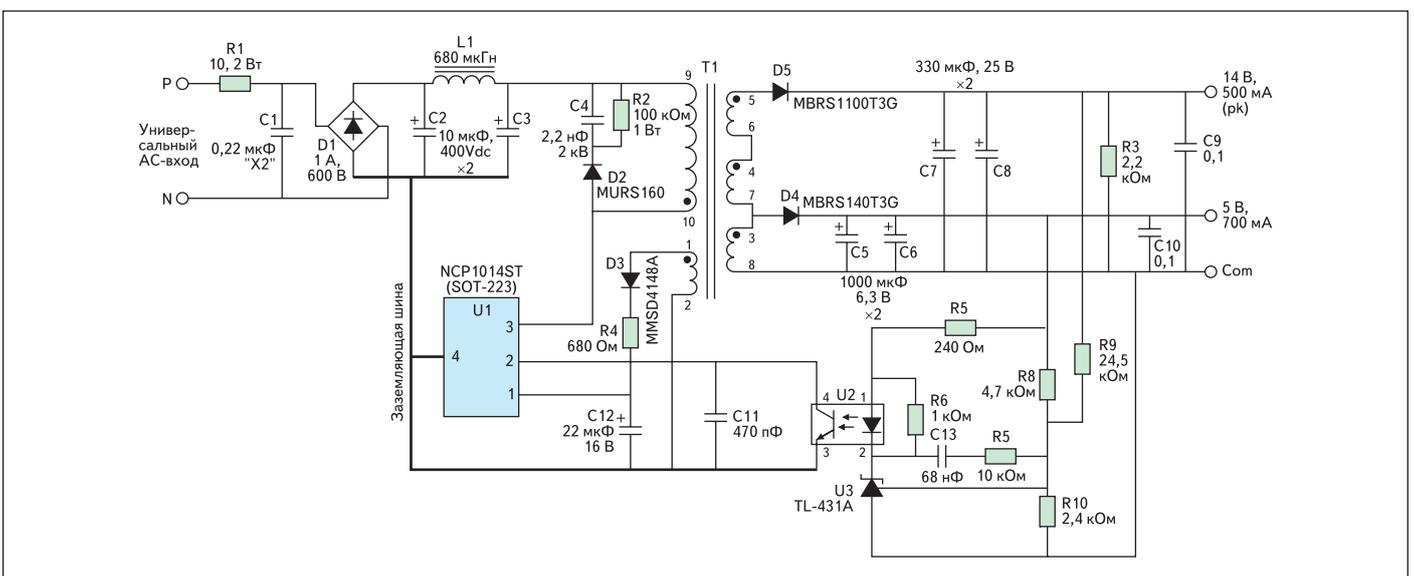


Рис. 11. Схема источника питания на 10 Вт с двумя выходными напряжениями для бытовой техники

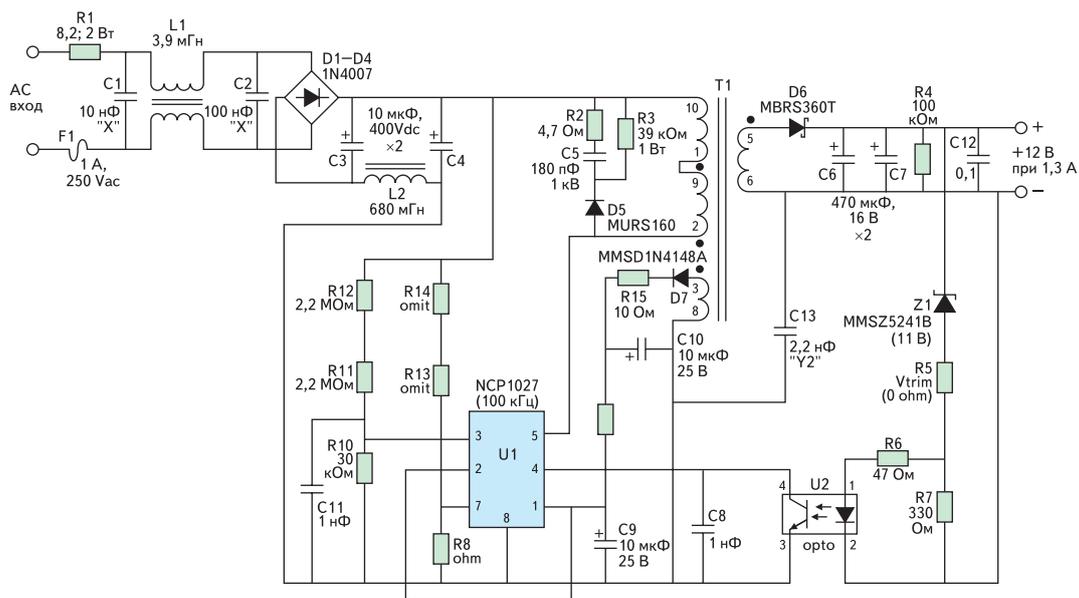


Рис. 14. 16-Вт источник питания для модемов, маршрутизаторов и коммутаторов

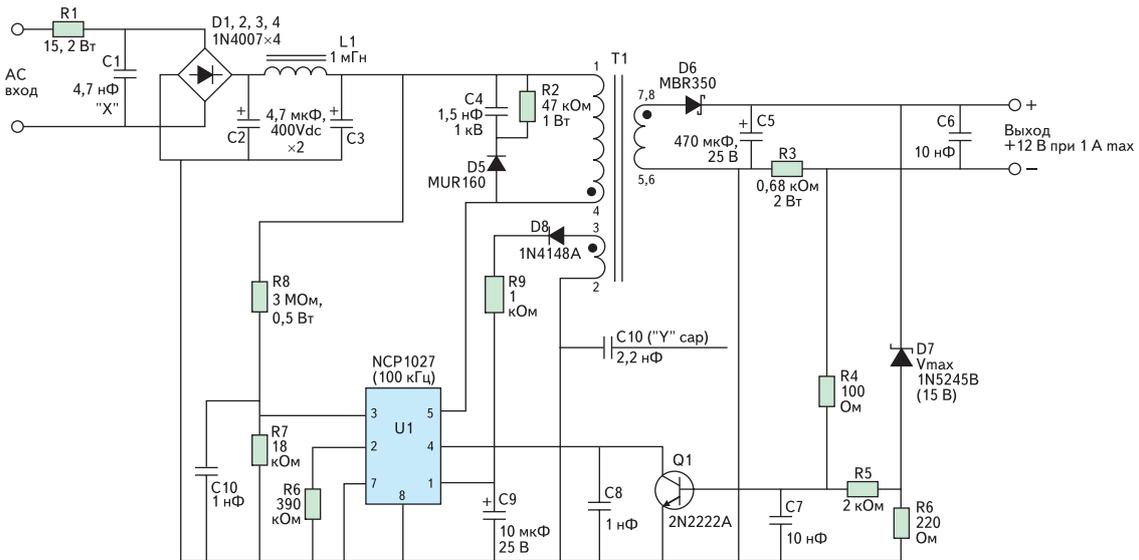


Рис. 15. Драйвер мощного светодиодного источника света с выходным током до 1 А с дежурным режимом

Сетевой адаптер для промышленных контроллеров

На рис. 13 показан пример реализации сетевого адаптера на базе NCP1027 для питания промышленных контроллеров.

Схема обеспечивает два питающих напряжения — 24 В (400 мА) и 5 В (250 мА). Второе напряжение получается при установке дополнительного импульсного понижающего DC/DC-конвертера на базе LM2674.

Сетевой адаптер мощностью 16 Вт для телекоммуникационных применений

Особенностью сетевых источников для телеком-приложений является необходимость гальванической развязки от сети на

уровне 3 кВ и установка сетевых фильтров. Большая часть современных и недорогих модемов, маршрутизаторов и коммутаторов потребляет не более 15 Вт. На рис. 14 показан пример источника питания, который может быть использован в качестве сетевого адаптера для питания широкого класса модемов, маршрутизаторов и коммутаторов.

В схему включен импульсный трансформатор, обеспечивающий гальваническую развязку на 3 кВ. В схеме сетевого адаптера используются сетевой фильтр L1 типа Common Choke для защиты сети от проникновения ВЧ-помех, возникающих при работе ключевой схемы контроллера.

Драйвер светодиодного светильника

Светодиодные светильники с питанием от сети в настоящее время все чаще можно увидеть в интерьере современного жилища. В отличие от галогеновых лампочек, они потребляют меньше электроэнергии, взрыво- и пожаробезопасны, а также более удобны в использовании. Такие светильники с успехом применяются в качестве встроенных в мебель локальных источников подсветки, для подсветки картин, а также для освещения кухни и ванной. В них активно используется дежурный режим в сочетании с дистанционным или электронным управлением от датчиков присутствия. Экономичность таких источников света могут обеспечить се-

тевые адаптеры на базе микросхем NCP102x. На рис. 15 показан драйвер для мощного светодиодного источника света с выходным током до 1 А.

Корпусные исполнения для серий NCP101x/NCP102x

Модификации микросхем серии NCP101x доступны в трех типах корпусов (рис. 16):

- PDIP-7 (case 626A) с выводами для монтажа в отверстия печатной платы.
- PDIP-7 (case 626AA) с выводами типа «крыло чайки» — для планарного монтажа.
- SOT-223 — для smd-монтажа.

Корпуса PDIP-7 специфические — 7-выводные. Они похожи на привычные корпуса PDIP-8, но с «пропущенной» 6-й ножкой.

Для более мощных микросхем серии NCP1027/28 корпус SOT-223 не используется. Основной вариант корпуса — PDIP-7 (case 626A). Микросхемы в корпусе case 626AA поставляются только под заказ.

Сравнение с семейством TinySwitch фирмы Power Integration

Контроллеры семейства TinySwitch от Power Integration были разработаны и появились на рынке на несколько лет раньше, чем семейство NCP101x и NCP102x ON Semi. Эти устройства функционально аналогичны. Во многом похожи и параметры. В TinySwitch также используется 700-В встроенный ключ, частота преобразования — 130 кГц и в семействе NCP, и в TinySwitch. Структура и принцип работы практически одинаковые. Мощность потребления без нагрузки для TinySwitch

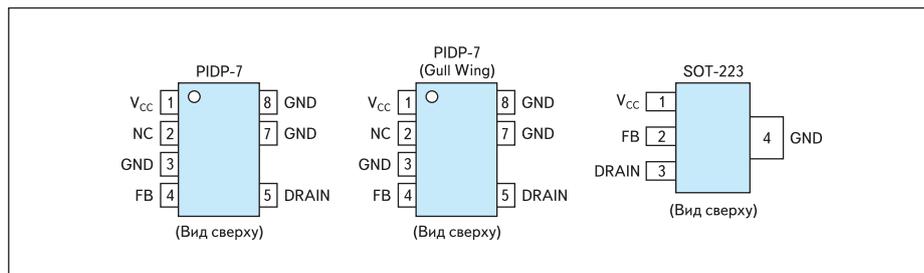


Рис. 16. Типы корпусов, используемых для семейств NCP101x/102x

Таблица 2. Функциональные аналоги контроллеров семейства TinySwitch фирмы Power Integration и NCP101/102x ON Semi

Контроллеры Power Integration	Контроллеры серий NCP101x/102x ON Semi
TNY253	NCP1010AP100
TNY254	NCP1010AP065
TNY255	NCP1013AP100
TNY256	Нет аналога
TNY264	NCP1011AP130
TNY265	NCP1014AP100
TNY266	NCP1011AP133
TNY267	NCP1014AP100
TNY268	NCP1027P065G
TNY277	NCP1014AP100
TNY278	NCP1010AP065G

даже несколько ниже: 30/60 мВт против 100 мВт у NCP. Собственно, ON Semi и не скрывает функциональной аналогичности и даже полной совместимости модификаций микросхем NCP 101x/102x с некоторыми модификациями семейства TinySwitch. В таблице 2 приведены функциональные аналоги контроллеров семейства TinySwitch фирмы Power Integration и NCP101/102x ON Semi.

Есть и существенные отличия. Например, ON Semi не стала выпускать модификации микросхем в корпусе TO-220, которые используются для семейства TinySwitch. В свою очередь, разрабатывая семейство TinySwitch III, компания Power Integration ввела для этой линейки такой же 7-ножечный корпус, как и у NCP101x/NCP102x, намеренно обеспечивая совместимость с этой серией. ■

Литература

1. NCP1010, NCP1011, NCP1012, NCP1013, NCP1014 Self-Supplied Monolithic Switcher for Low Standby-Power Offline SMPS. Datasheet ON Semi. Nov. 2008. Rev. 20.
2. NCP1027 High-Voltage Switcher for Medium Power Offline SMPS Featuring Low Standby Power. Datasheet ON Semi. May. 2007. Rev. 4.
3. NCP1028 High-Voltage Switcher for Medium Power Offline SMPS Featuring Low Standby Power. Datasheet ON Semi. Dec. 2007. Rev. 2.
4. Basso C. AND8125/D. Evaluating the Power Capability of the NCP101X Members. Application Notes.