

Семейство ШИМ-контроллеров для обратноходовых преобразователей NCP1237, NCP1238 и NCP1288 фирмы On Semiconductor

Ирина РОМАДИНА
romadina@compel.ru

В статье описано новое семейство ШИМ-контроллеров с токовым управлением и постоянной частотой преобразования. В него входят NCP1237, NCP1238 и NCP1288 фирмы On Semiconductor — одного из ведущих производителей полупроводниковых компонентов. Это многофункциональные устройства с высокой степенью интеграции, позволяющие создавать на их основе источники питания с высокой надежностью и малым потреблением в спящем режиме при небольших затратах на производство.

Интегральные микросхемы NCP1237, NCP1238, NCP1288 — это новое поколение ШИМ-контроллеров с токовым управлением и постоянной частотой преобразования NCP12xx, совместимых по выводам со своими предшественниками. Они предназначены для применения в AC/DC-адаптерах для ноутбуков, ЖК-дисплеев, принтеров и домашней электроники. Новые контроллеры выпускаются с различными номиналами частоты преобразования и с одним или двумя пороговыми уровнями защиты по току. Стандартные устройства содержат встроенный генератор на частоту 65 кГц, по специальному запросу возможна поставка версий на 100 и 133 кГц.

В режиме Soft-Skip (режим «мягкого пропуска»), запатентованном фирмой, во время пропуска импульсов плавно увеличивается пиковый ток, что снижает риск возникновения слышимого шума. Это позволяет уменьшить количество внешних компонентов и упростить разработку и производство трансформатора. В сочетании с функцией снижения частоты (frequency fold-back function) новые контроллеры обеспечивают высокую эффективность при малой нагрузке и минимизируют входную мощность на холостом ходу.

Функция динамического встроенного питания (Dynamic Self-Supply, DSS) в контроллерах NCP1237 и NCP1238 реализуется на основе встро-

енного источника пускового тока, который оптимально управляет запуском контроллера и его реакцией на переходные процессы в питающей сети. Это упрощает разработку вспомогательного источника питания и уменьшает размер конденсатора по питанию. Для минимизации количества внешних компонентов в контроллер встроены схема контроля провалов питания (brown-out), защита от превышения заданной мощности и компенсация крутизны (ramp compensation). Это позволяет разрабатывать очень компактные устройства.

Новые контроллеры с токовым управлением и постоянной частотой преобразования могут работать в диапазоне температур от -40 до $+125$ °C и поставляются в компактном корпусе SOIC-7.

На рис. 1 показана типовая схема включения контроллера NCP1237. Обратите внимание на небольшое количество внешних компонентов, которое понадобилось для создания полноценного высококачественного источника питания.

Новые контроллеры содержат все необходимое для создания безопасных и эффективных источников питания на основе обратноходовых преобразователей с постоянной рабочей частотой. Они особенно хорошо подходят для тех случаев, когда требуется создать устройство с небольшим количеством компонентов, не жертвуя безопасностью. Упрощенная схема контроллера NCP1237 показана на рис. 2.

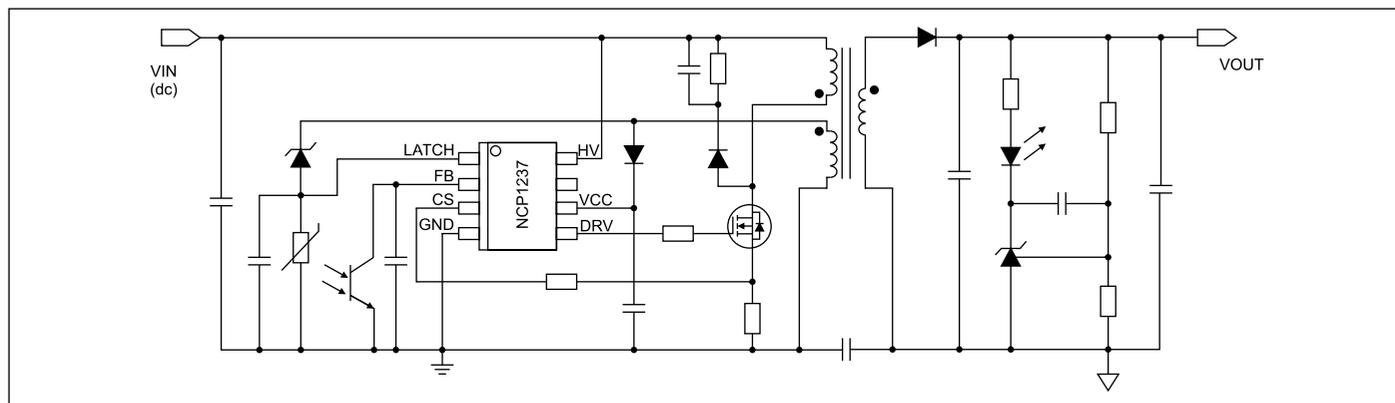


Рис. 1. Типовая схема включения ШИМ-контроллера NCP1237

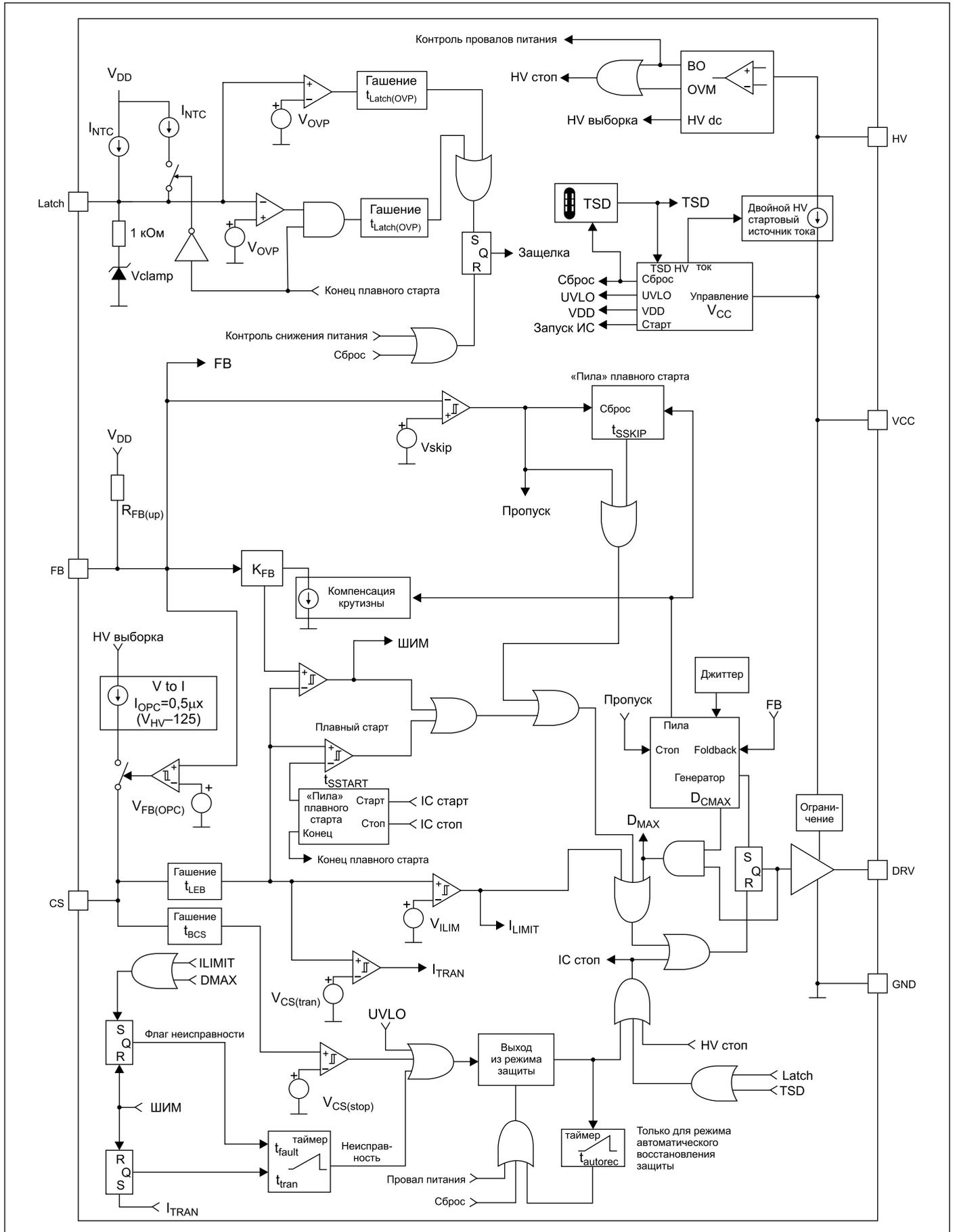


Рис. 2. Упрощенная блок-схема контроллера

Приведем основные свойства этих контроллеров:

- Управление по току с компенсацией крутизны. Пиковый входной ток непрерывно контролируется по напряжению обратной связи, тем самым обеспечивается максимальная безопасность: условие выключения выхода DRV задается установкой предела пикового тока. При этом система имеет частотную характеристику первого порядка при работе в режиме прерывистого тока, что упрощает разработку контура обратной связи. Контроллер можно также использовать в режиме непрерывного тока в широком диапазоне входных напряжений, так как его фиксированная компенсация крутизны (ramp compensation) предотвращает возникновение субгармонических колебаний в большинстве применений.
- Генератор постоянной частоты с джиттером. Контроллеры выпускаются с несколькими номинальными значениями рабочей частоты, чтобы они могли соответствовать требованиям любых приложений. Встроенный генератор имеет низкочастотный джиттер, который помогает обеспечить соответствие требованиям по электромагнитной совместимости благодаря распределению энергии помех в квазипиковом и усредняющем режиме.
- Защита от перегрузки по току с защелкиванием и автоматическим восстановлением. В контроллере NCP1237 защита от перегрузки по току имеет два уровня. На нижнем уровне контроллер может продолжать регулирование, но при этом запускается долговременный таймер. При высоком уровне регулирование прекращается и запускается обычный таймер перегрузки. Это позволяет контроллеру выдавать наибольшую мощность за ограниченное время.

Во всех контроллерах семейства защита от перегрузки по току зависит только от сигнала обратной связи, что дает возможность этим устройствам работать с любым трансформатором, даже с очень плохой связью и высокой индуктивностью рассеивания. Оба вида защиты окончательно защелкиваются в версии А (источник питания нужно выключить и снова включить для продолжения работы, даже если перегрузка по току прекратится) и автоматически отключаются в версии В. Время работы таймеров фиксированное. Контроллер переходит в такой же режим защиты, если напряжение на выводе CS в 1,5 раза превышает установленный внутренний порог, что позволяет обнаруживать короткое замыкание в обмотке.

- Высоковольтный стартовый источник тока с контролем провалов питания и обнаружением перенапряжения на входе. Благодаря технологии Very High Voltage («очень высокое напряжение») фирмы On Semiconductor, контроллеры семейства можно напрямую подключать к высокому входному напряжению. Стартовый источник тока гарантирует правильный запуск во время старта и потребляет минимум энергии, когда он выключен. Схема динамического встроенного питания (Dynamic Self-Supply, DSS) снова включает питание контроллера от стартового источника тока, если входное питание на короткое время пропадет. К выводу высокого напряжения подключена также измерительная схема, которая выключает контроллер, если напряжение на входе слишком мало (провал питания) или слишком велико (перенапряжение). Эта защита работает и при постоянном напряжении на входе, и при выпрямленном переменном напряжении и не зависит от высоковольтных пульсаций. Она использует пиковый детектор, синхронизированный с частотой питающей сети, или внутренний сторожевой таймер, если вывод высокого напряжения подключен к источнику постоянного напряжения.
- Регулируемая компенсация превышения мощности. Высокое напряжение, которое измеряется на выводе HV, преобразуется в ток, который добавляет смещение, пропорциональное входному напряжению, к показаниям датчика тока. Выбирая сопротивление резистора, подключенного последовательно с выводом CS, можно регулировать величину компенсации согласно требованиям применения.
- Снижение частоты и режим мягкого пропуска при работе с небольшой нагрузкой. Для обеспечения высокой эффективности при любой нагрузке в контроллерах реализовано снижение частоты

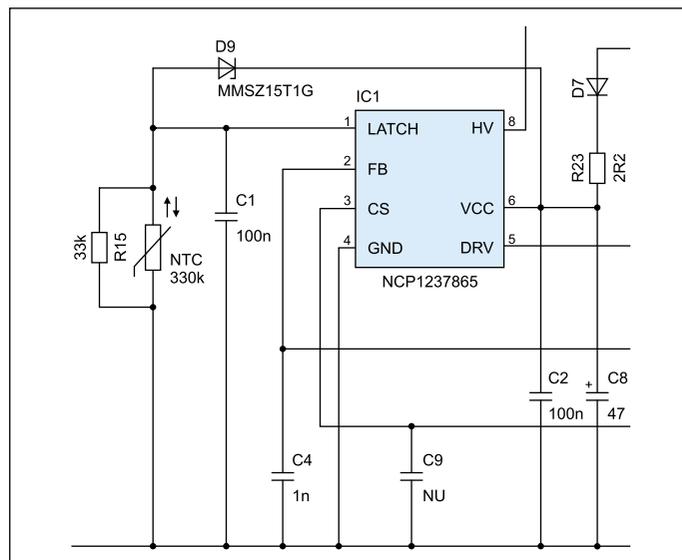


Рис. 3. Фрагмент схемы устройства с контроллером NCP1237, поясняющий работу вывода Latch [5]

(частота переключений уменьшается для снижения потерь на переключениях) при малой нагрузке, а также плавный пропуск (Soft-Skip), отключаемый при быстрых переходных процессах, для особо малой нагрузки.

- Расширенный диапазон напряжения питания. Контроллеры могут работать при напряжении питания до 28 В, что упрощает разработку источников питания.
- Ограничение в каскаде драйвера. Несмотря на высокое напряжение питания, напряжение на выводе DRV ограничивается на безопасном уровне ниже 16 В. Это позволяет использовать любой стандартный полевой транзистор с изолированным затвором, а также уменьшает ток, потребляемый контроллером.
- Вход защелкивания с двойной функцией (рис. 3). С помощью вывода Latch можно обеспечить дополнительную внешнюю защиту от превышения напряжения или температуры. Если напряжение на этом выводе находится между 0,8 и 2,5 В (если этот вывод не подключен, на нем 1,2 В), на выходе драйвера генерируются импульсы. Для обнаружения перегрева устройства можно использовать внешнюю схему из резистора с отрицательным температурным коэффициентом, который при повышении температуры опустит напряжение на этом выводе ниже 0,8 В (при этом выход драйвера будет отключен), и стабилитрона, который обеспечит нужное смещение [5]. Для фильтрации помех, наведенных на подключенный вывод Latch, можно использовать развязывающий конденсатор. Во время плавного старта на этот конденсатор подается ток предварительного заряда $I_{NTC(SSSTART)}$, который заряжает его и тем самым предотвращает ложное срабатывание схемы защиты от перегрева. Максимальное рекомендованное значение емкости развязывающего конденсатора равно 325 нФ. Помните: во время плавного старта защита от перегрева не работает.
- Если же на выводе Latch появится напряжение, превышающее 2,5 В (обычно это происходит при слишком большом входном напряжении), то выход драйвера также будет отключен.
- Плавный старт. При каждом включении пиковый ток плавно увеличивается в течение четырех миллисекунд, чтобы минимизировать перегрузку силовых компонентов.
- Отключение при превышении температуры. Контроллеры имеют встроенную защиту от перегрева. Если температура кристалла слишком высока, контроллер выключает все внутренние схемы (включая высоковольтный стартовый источник тока), позволяя кремнию остыть перед попыткой повторного запуска. Это гарантирует безопасную работу в случае неисправности.

Типовые режимы работы

Старт

Высоковольтный стартовый источник тока гарантирует заряд конденсатора на входе V_{CC} до стартового порога $V_{CC(on)}$, пока входное напряжение не будет достаточным (выше $V_{HV(start)}$) для обеспечения переключений. Затем контроллер переходит к формированию импульсов, начиная с периода плавного старта t_{START} , во время которого пиковый ток линейно увеличивается, пока не произойдет переход к режиму токового управления. Во время плавного старта защелкивание по снижению уровня игнорируется, а ток защелкивания удваивается, что обеспечивает быстрый предварительный заряд развязывающего конденсатора на выводе Latch.

Нормальная работа

Когда напряжение обратной связи находится в диапазоне регулирования, контроллер работает на постоянной частоте (с джиттером) в режиме токового управления, когда пиковый ток, измеряемый на выводе CS, задается напряжением на выводе FB. Внутренняя постоянная компенсация крутизны (ramp compensation) предотвращает субгармонические колебания. Вывод V_{CC} должен быть подключен к питанию от внешнего источника (например, от дополнительной обмотки), так как стартовый источник тока не может постоянно питать контроллер без перегрева.

Работа при малой нагрузке

Когда напряжение на выводе FB опускается ниже $V_{FB(fold)}$, что обычно означает нагрузку от 20% (только для режима непрерывных токов) до 30% (и для непрерывных, и для прерывистых токов) от максимума, частота переключения начинает уменьшаться до $f_{OSC(min)}$. Это свойство позволяет увеличить эффективность при малых нагрузках благодаря уменьшению потерь на переключе-

ние. При работе с малой нагрузкой джиттер отключается.

Работа на холостом ходу

Когда напряжение на выводе FB опускается ниже $V_{skip(in)}$, что обычно соответствует одному проценту от максимума, контроллер переходит в режим пропуска. Пока напряжение обратной связи ниже $V_{skip(out)}$, переключение полностью прекращается, и потери еще больше уменьшаются, что позволяет минимизировать рассеиваемую мощность при экстремально малой нагрузке. Для предотвращения слышимого шума пиковый ток постепенно увеличивается в течение промежутка времени t_{SSkip} до окончания пропуска (функция «мягкого пропуска»). В случае неожиданного увеличения нагрузки во время режима мягкого пропуска последний прерывается и начинается генерация пикового тока, необходимого для регулирования. Напряжение на V_{CC} может удерживаться между $V_{CC(on)}$ и $V_{CC(min)}$ схемой DSS.

Перегрузка

Контроллер NCP1237 имеет двухуровневое обнаружение перегрузки с использованием таймера, зависящее только от информации обратной связи. Как только внутреннее заданное значение пикового тока становится выше порога $V_{CS(tran)}$, запускается первый внутренний таймер, но контроллер все еще продолжает регулирование до V_{ILIM} . Когда оно достигает уровня ограничения V_{ILIM} , запускается внутренний таймер перегрузки. Когда оба таймера закончат отсчет, контроллер остановится и перейдет в режим защиты. Для контроллеров версии В выход из этого режима происходит автоматически (контроллер начинает новый запуск по истечении промежутка времени $t_{autorec}$). Для контроллеров версии А этот режим защелкивается (защелкивание снимается в случае провала питания или сброса V_{CC}).

В контроллерах NCP1238 и NCP1288 первый таймер отсутствует, в остальном они работают аналогично.

Провал питания

К выводу HV подключена схема слежения за входным питанием, которая имеет минимальный порог запуска, защиту от провала питания и защиту от перенапряжения. Все эти схемы автоматически сбрасываются при восстановлении нормальных рабочих условий и работают независимо от любых пульсаций входного напряжения. Они могут работать даже с неотфильтрованным выпрямленным напряжением переменного тока. Все пороги фиксированы, но их выбрали так, чтобы они подходили для большинства стандартных применений преобразования переменного напряжения в постоянное.

Выключение с защелкиванием

Когда напряжение на выводе Latch повышается (обычно при превышении напряжения) или понижается (обычно это происходит при превышении температуры, с использованием встроенного источника тока с отрицательным температурным коэффициентом), контроллер выключается и остается в таком состоянии. Защелкивание снимается при провале питания или же когда V_{CC} опускается ниже порога $V_{CC(reset)}$. ■

Литература

1. NCP1237. Fixed Frequency Current Mode Controller for Flyback Converters. Справочный материал фирмы On Semiconductor.
2. NCP1238. Fixed Frequency Current Mode Controller for Flyback Converters. Справочный материал фирмы On Semiconductor.
3. NCP1288. Fixed Frequency Current Mode Controller for Flyback Converters. Справочный материал фирмы On Semiconductor.
4. AND8461/D. Design of a 65 W Adapter Utilizing the NCP1237 PWM Controller. Руководство по применению фирмы On Semiconductor.
5. ON Semiconductor Introduces Fixed-Frequency Current-Mode Controller for High Efficiency, Compact Adapter Solutions. Пресс-релиз фирмы On Semiconductor.