

Новое поколение обратноходовых преобразователей с активным клампированием (Active Clamp Flyback)

Обычные обратноходовые преобразователи имеют недостаток в виде звона, вызванного индуктивностью рассеяния трансформатора и резонансом паразитной емкости главного ключа; это приводит к повышенному напряжению на ключе. Кроме того, энергия индуктивности рассеяния теряется в пассивных компонентах схемы, как правило, снабберах, ограничивая эффективность преобразователя в целом и приводя к тепловому рассеянию. В статье рассматривается технология архитектуры Active Clamp Flyback (ACF) с техническим обзором новой компактной конструкции от Silanna, что способствует решению этих проблем.

**Асан Заман
(Ahsan Zaman)**

**Александр Редик
(Aleksandar Radic)**

**Перевод:
Владимир Апарин
vparin@ultran.ru**

Уникальное предложение Silanna, состоящее из полностью интегрированных контроллеров ACF, таких как SZ1110 и SZ1130, обеспечивает очень компактную конструкцию в 16-выводном корпусе SOIC. Микросхема имеет интеллектуальное цифровое управление OptiMode, которое будет корректировать режим работы в течение цикла функционирования преобразователя, чтобы повысить эффективность (КПД), поддерживать низкий уровень электромагнитных помех (ЭМИ), динамически регулировать изменение нагрузки и изменения напряжения питания.

Блок питания AC/DC с универсальным входом (85–265 В) мощностью 65 Вт, созданный на SZ1130, обеспечивает эффективность > 94%.

Введение

Пятьдесят лет назад в сообществе разработчиков систем управления питанием появилась архитектура обратноходового преобразователя. В то время в системах управления питанием основную роль играл прямоходовой преобразователь. Это решение преобладало на арене коммерческих источников питания, особенно на уровне мощности порядка 50 Вт.

В июне 1975 года «дедовская» архитектура ACF начала обретать форму, когда Мэсси и Ла Дука представили архитектурное решение, которое должно было помочь оптимизировать работу источника питания с помощью ограничения (кларпирования) напряжения. Они смогли отрегулировать амплитуду так, чтобы та обеспечивала минимально необходимое напряжение во время интервала сброса преобразователя.

Затем в 1981 году Карстен применил схему активного клампирования в нескольких вариантах. Это обеспечивало оптимальное напряжение сброса, поскольку рабочий цикл претерпел изменения и за это время восстанавливается большая часть энергии сердечника, обеспечивая симметричное возбуждение сердечника с низкими потерями. Так родилась «дедовская» концепция Active Clamp Flyback, которая практически устранила потери на клампирование и переключение.

Изменения, произошедшие с тех пор, повлекли за собой увеличение частоты переключения примерно с 2 до 500 кГц и выше. Это стало возможным в основном благодаря совершенствованию полупроводниковых приборов, их корпусов, а также требований по уменьшению габаритов. Изолированная или неизолированная обратноходовая топология обычно является ключевой частью автономных преобразователей с выходной мощностью от нескольких ватт примерно до 100 Вт. Архитектура основана на топологии с одним ключом, энергия берется с входа и накапливается в первичной обмотке трансформатора в момент, когда ключ питания замкнут, затем энергия передается на вторичную обмотку трансформатора при заперении ключа. Эффективность, удельная выходная мощность и низкая мощность потребления в режиме ожидания являются важными требованиями к обратноходовой топологии наряду с ее надежностью.

Все более компактная зарядка

Адаптер зарядного устройства, также известный как зарядка, работает как типичный импульсный

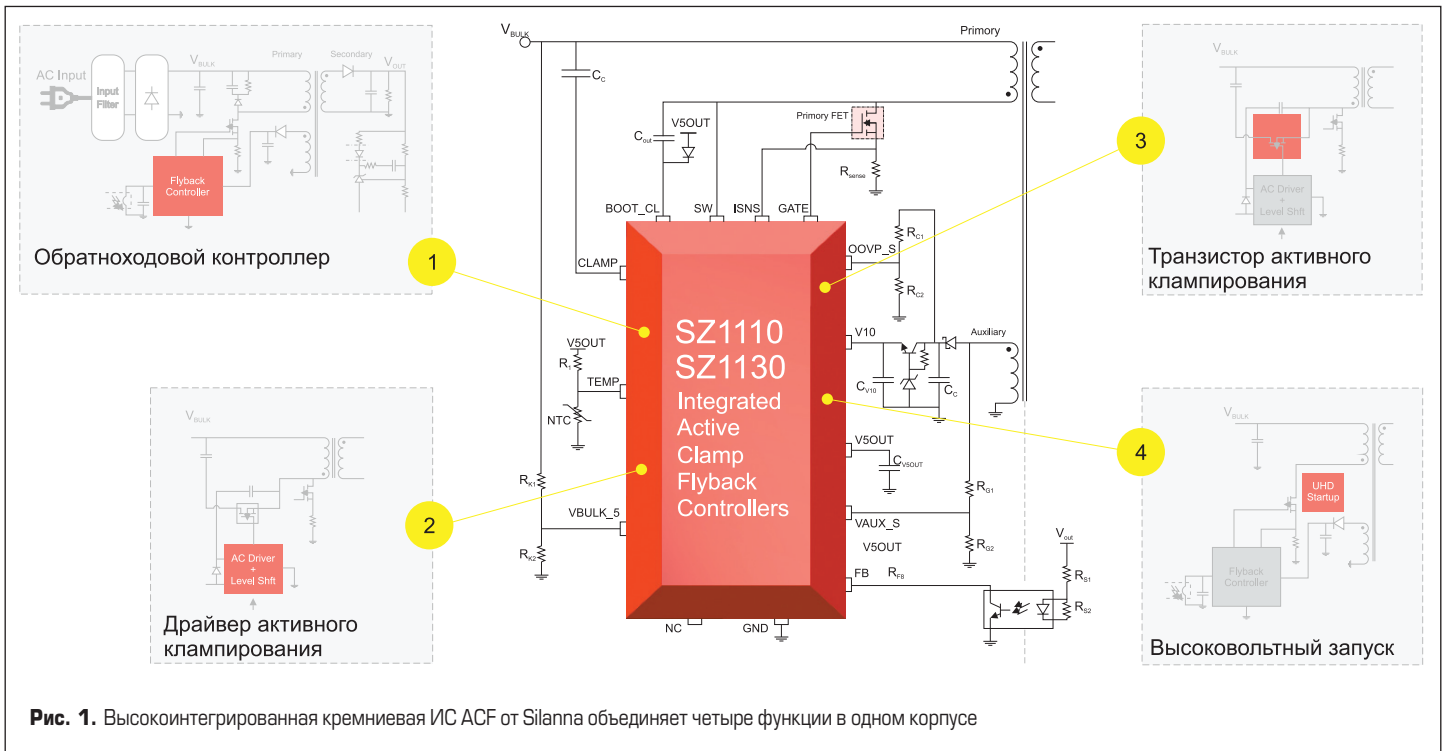


Рис. 1. Высокоинтегрированная кремниевая ИС АCF от Silanna объединяет четыре функции в одном корпусе

источник питания (ИИП). Микросхема АCF коммутирует полевой транзистор сотни тысяч раз в секунду. Более высокая рабочая частота позволяет применять магнитные компоненты (трансформаторы) с меньшими габаритами. Однако слишком высокая частота переключения вызывает другие проблемы:

1. Индуктивность рассеяния трансформатора — каждый раз, когда полевой транзистор переключается, энергия накапливается в паразитной катушке индуктивности трансформатора, а затем рассеивается через снаббер. Слишком высокая частота переключения может привести к чрезмерным потерям, способным вызвать перегрев адаптера. На помощь приходит активный режим клампирования, использующий энергию утечки индуктивности трансформатора для повышения эффективности. Каким образом? Сохраняя энергию во вспомогательном конденсаторе, а затем в цикле переключения, подавая ее на выход.
2. Интеллектуальное управление клампированием обеспечивает переключение при нулевом напряжении (ZVS) на полевом транзисторе, что в свою очередь увеличивает общую эффективность за счет снижения коммутационных потерь. Это позволит разработчику повысить частоту переключения обратноходового преобразователя с активным клампированием.

Преимущество АCF

Для оптимального управления АCF контроллер должен быть интеллектуальным и быстродействующим.

В статье рассматривается решение от компании Silanna, полностью реализованное в кремниевых чипах SZ1110 (33 Вт) и SZ1130 (65 Вт) — это обратноходовые ШИМ-

контроллеры с активным клампированием (ACF), которые объединяют адаптивный цифровой ШИМ-контроллер (OptiMode) и высоковольтные компоненты:

- транзистор активного клампирования;
- активный драйвер затвора;
- пусковой регулятор.

В итоге устройство представляет собой решение АCF с максимальной интеграцией (рис. 1).

Рассмотрим основные преимущества решения от Silanna:

- АCF снижает пиковое напряжение и позволяет реализовать более агрессивное отношение витков.
- Номинальное напряжение полевого транзистора SR силового ключа может быть ниже.

- АCF преобразует энергию утечки (рис. 2), что в свою очередь обеспечивает более высокую эффективность.

- Мягкое переключение в активном фиксирующем полевом транзисторе приводит к снижению электромагнитных помех.

- Активное клампирование в нижней долине QR (рис. 3) приводит к напряжению выброса значительно ниже 200 В, с близким к нулевому напряжению при переключении главного ключа. Благодаря этому удастся достичь более высокого КПД из-за меньших коммутационных потерь и меньших электромагнитных помех, связанных с меньшим коммутируемым напряжением.

В результате реализации всех предложенных идей в виде кремниевого чипа AC/DC-источник питания мощностью 65 Вт может

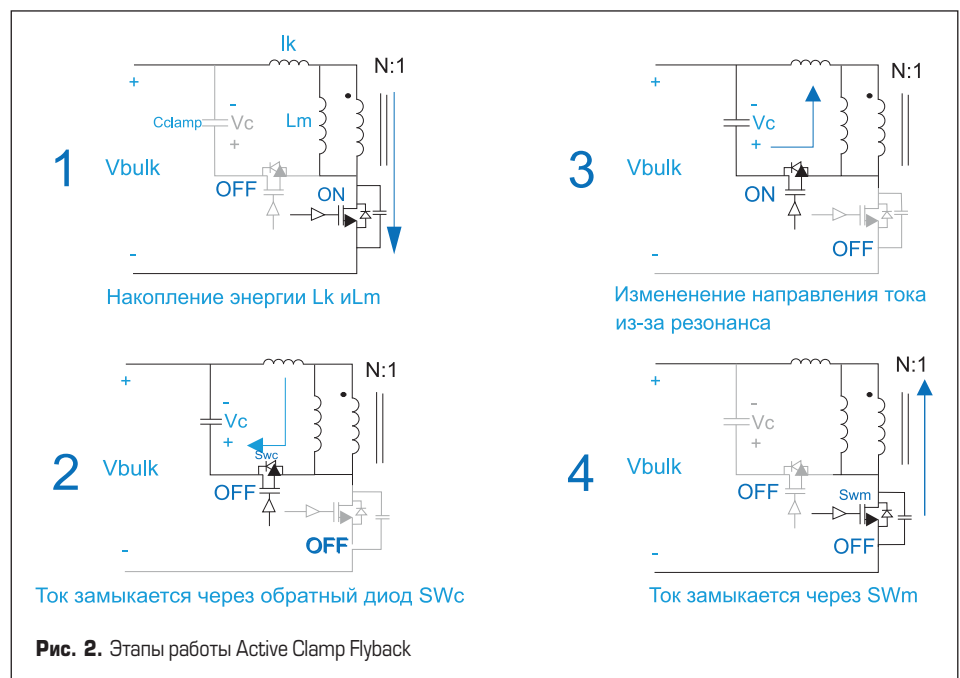


Рис. 2. Этапы работы Active Clamp Flyback

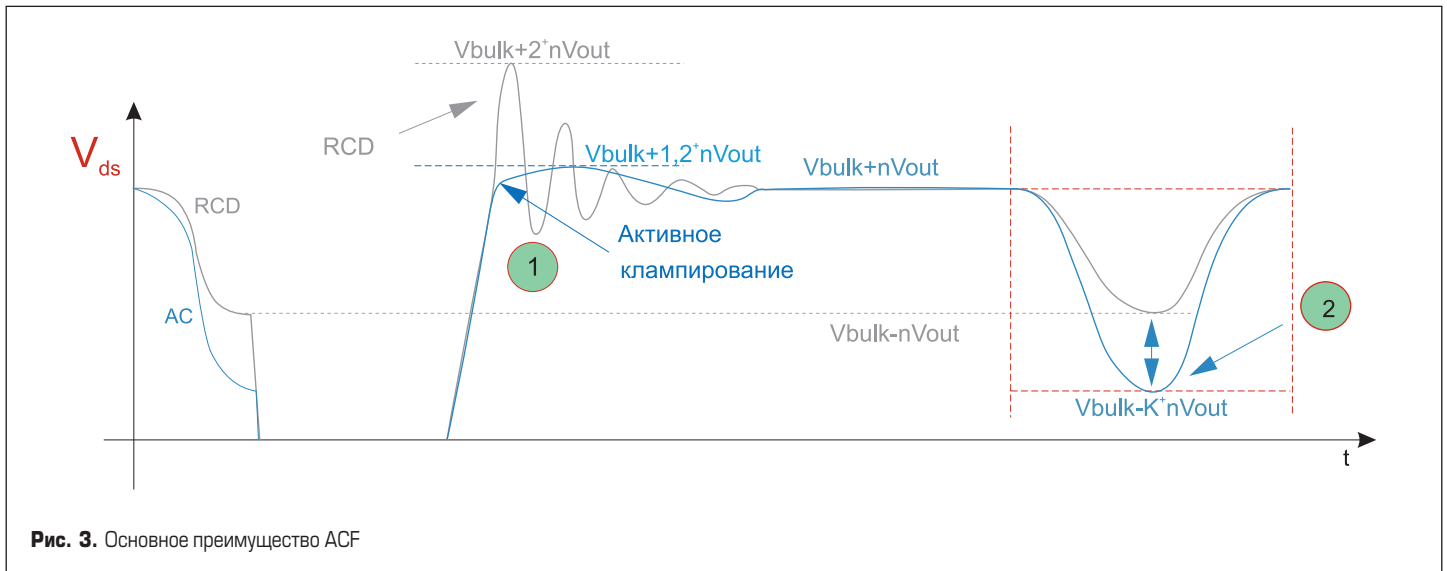


Рис. 3. Основное преимущество ACF

достичь КПД > 94% и поддерживать плоскую кривую КПД при различных условиях нагрузки, напряжения питания и температуры.

Рассмотрим компоненты, отмеченные синим цветом на рис. 4. Они наглядно показывают основные преимущества режима OptiMode за счет непрерывного мониторинга следующих критических областей работы схемы:

- Регулировка времени включения/выключения главного ключа в каждом цикле.
- Поддержка высокого КПД и низкого уровня электромагнитных помех.
- Оптимизация производительности системы при изменяющейся нагрузке, температуре и напряжении питания.

Следует также отметить, что SZ1110 и SZ1130 предоставляют набор средств защиты от сбоев, оптимальный практически для всех возможных ситуаций, включая:

- защиту от перегрузки по току (OCP);
- защиту от перенапряжения на входе и выходе (OVP);
- защиту от перегрузки по мощности (OPP);

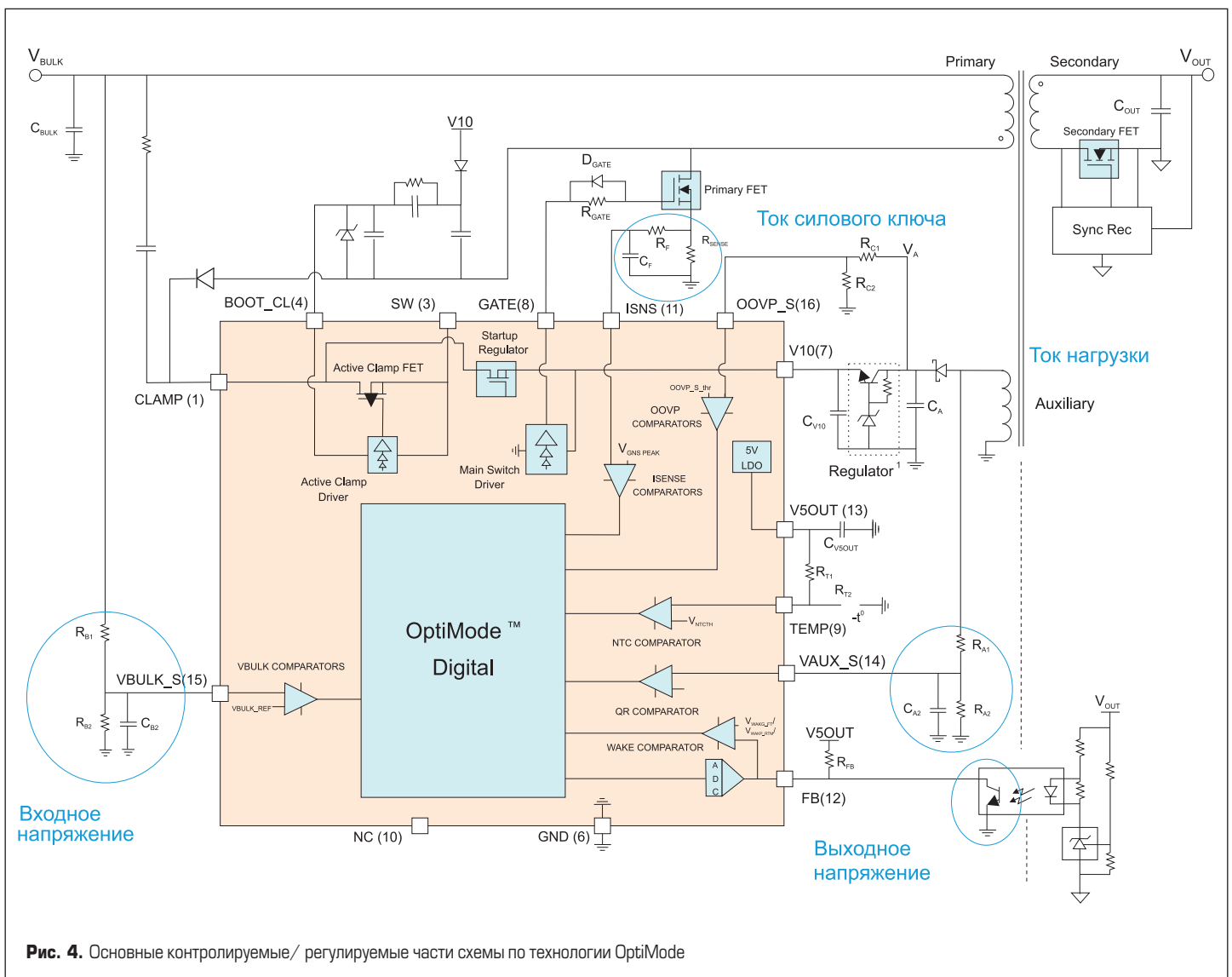


Рис. 4. Основные контролируемые/ регулируемые части схемы по технологии OptiMode

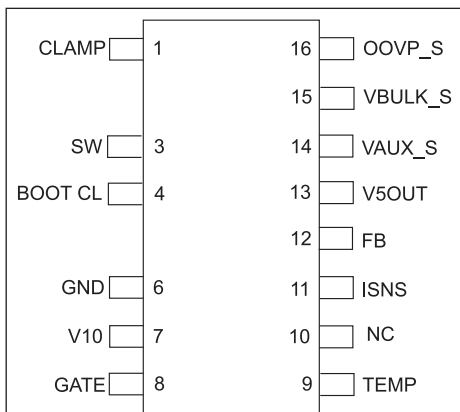


Рис. 5. 16-выводной корпус SOIC, на котором ножки 2 и 5 были удалены

- внутреннюю и внешнюю защиту от перегрева (OTP) и т. д.
- Существует три версии SZ1110/30, имеющие различные функции защиты от сбоев, из которых разработчик может выбрать:
 - SZ11XX-00 имеет защиту от сбоев в виде режима пропуска тактов для всех видов сбоев;
 - SZ11XX-02 имеет защиту от сбоев в виде режима пропуска тактов и с защелкой в режиме OTP;
 - SZ11XX-03 имеет защиту от сбоев в виде режима п-защелки (с автоматическим восста-

Таблица. Высоковольтные выводы SZ1110/30

№ вывода	Название	Группа напряжения, В (пост.) V_{DC}	Описание
1	CLAMP	UHV (620 В)	Сток полевого транзистора активного клампирования (ACL). Подключите через конденсатор к VBULK
3	SW		Узел коммутации. Подключите к первичной обмотке трансформатора и стоку первичного полевого транзистора
4	BOOT_CL		Вход накачки внутреннего драйвера ACL FET. Подключите диод от V5OUT и конденсатор от SW

новлением при пониженном напряжении, UV); где XX = 10 и 30 — интегрированные контроллеры ACF с выходной мощностью до 33 и 65 Вт соответственно.

Корпус микросхемы

На 16-выводном корпусе отсутствуют две ножки: 2 и 5 (рис. 5). Контакты 1, 3 и 4 являются контактами сверхвысокого напряжения (UHV), абсолютный максимальный уровень равен 620 В. Контакты 2 и 5 были удалены, чтобы удовлетворить требованиям утечки этих контактов UHV, сохранив UHV вдали от выводов низкого напряжения 5–10 В. Контакты 3 и 4 могут находиться рядом, так как перепад напряжения между ними составляет максимум 6 В (табл.).

Заключение

Мы прошли довольно долгий путь от «дедовского» дизайна ACF, вступая в третье десяти-

летие нового тысячелетия. Как дизайнеры, мы значительно улучшили ИС, инструменты и архитектуры, которые помогают нам уменьшить физические размеры конструкции за счет интеграции компонентов и более высоких рабочих частот, демонстрируя лучшую в своем классе эффективность (> 94%) при использовании реализации в одном чипе. Высокий КПД схемы позволяет улучшить тепловые характеристики конечного устройства, что в сочетании с высоким уровнем интеграции контроллеров ACF Silanna Semiconductor обеспечивает высокую плотность и рентабельность решений по управлению питанием.

Литература

1. Severns R. The history of the Forward Converter // Switching Power Magazine. July 2000.
2. LaDuca J., Massey R. P. Improved single-ended regulated DC/DC converter circuito Power Electronics Specialists conference, June 9–11, 1975.