

# Сравнительные испытания на генерируемые помехи импульсных ИВП на основе традиционного подхода и технологии Silent Switcher

Х. Кук<sup>1</sup>, А. Буквин<sup>2</sup>

УДК 621.3 | ВАК 05.27.01

Контроллер импульсного источника вторичного питания (ИВП) обычно является первым активным компонентом в цепи питания и, следовательно, имеет определяющее влияние на величину электромагнитных помех, создаваемых всем блоком питания, и на его КПД. В свое время переход на технологию поверхностного монтажа позволил значительно улучшить характеристики входных фильтров по сравнению со старыми, где использовалась технология монтажа компонентов в отверстия. На какое-то время проблема электромагнитных помех была таким образом решена. Но с тех пор рабочие частоты импульсных преобразователей сильно выросли, а время переключения – уменьшилось, что привело к росту излучения и расширению его спектра. Так, при удвоении частоты переключения уровень излучения становится на 6 дБ больше, если все остальные параметры, такие как коммутируемая мощность и длительность переходного процесса, остаются постоянными. Эффективное решение для снижения электромагнитных помех, создаваемых импульсными преобразователями напряжения, и повышения их КПД предлагает компания Analog Devices.

Опытные разработчики применяют ряд способов для уменьшения электромагнитных помех от импульсных источников питания. Прежде всего, они стараются уменьшить площадь цепи с высокой скоростью нарастания тока, генерирующей основную часть помех (так называемый «горячий» контур) и располагают экранирующие шины как можно ближе к проводникам, по которым течет основной ток. Однако минимально возможный размер «горячего» контура обусловлен целым рядом обстоятельств, таких как расположение выводов микросхем, требования к габаритам, необходимость обеспечить теплоотвод, размер пассивных компонентов, конструктивные особенности изделия и др.

Дополнительные сложности возникают из-за того, что индуктивная связь между печатными проводниками на плате снижает эффективность фильтра для гармоник выше 30 МГц. И с увеличением частоты ситуация только усугубляется.

Проверенный метод состоит в том, чтобы использовать электромагнитный экран для всей схемы. Однако,

такое решение делает отведение тепла и тестирование сложнее, добавляет затраты на сам экран и на его установку, приводит к потере площади на плате.

Другим часто используемым методом является увеличение длительности процесса переключения ключей. Такой метод имеет целый ряд побочных эффектов: снижается КПД, увеличиваются минимальные времена включенных и выключенных состояний, уменьшается максимальная частота переключения, падает скорость работы контура управления, в его работе возникают бестоковые паузы.

Применение в импульсных ИВП технологии Silent Switcher компании Analog Devices позволяет снизить уровень электромагнитного излучения без использования защитного экрана так же эффективно, как будто он установлен, но при этом не возникает никаких перечисленных выше побочных эффектов. В качестве примера импульсного преобразователя, в котором используется технология Silent Switcher, рассмотрим микросхему LT8614 (рис. 1).

При больших токах нагрузки LT8614 демонстрирует более высокий КПД, чем LT8610 или LT8611, поскольку имеет меньшее сопротивление встроенного ключа.

<sup>1</sup> Analog Devices, менеджер по стратегическому маркетингу.

<sup>2</sup> ООО «ТЕСОН», инженер по применению, alex.bukvin@teson.com.ru.

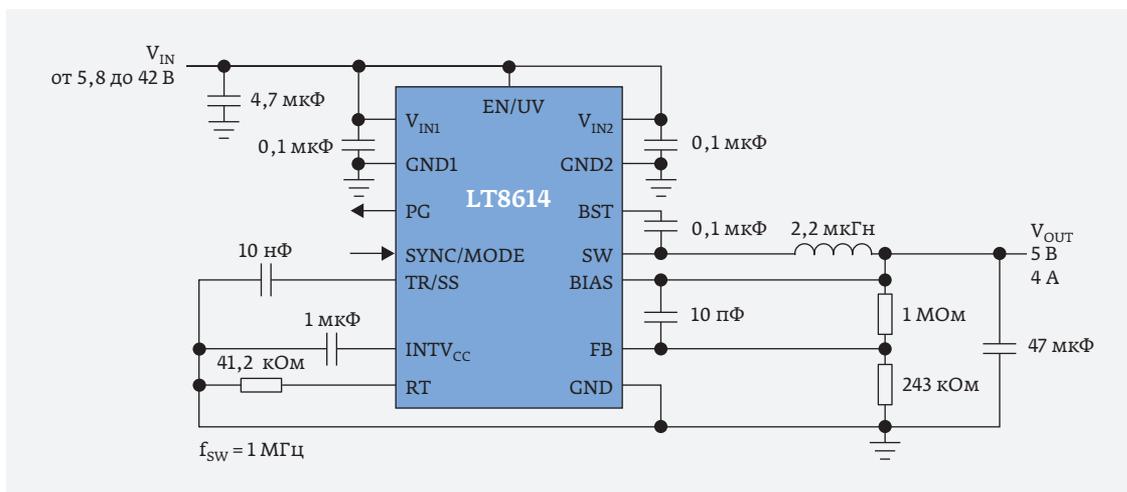


Рис. 1. Схема включения LT8614

Минимальное входное напряжение для этого преобразователя – всего 2,9 В (типичное значение). Он может быть синхронизирован внешним тактовым генератором в диапазоне частот от 200 кГц до 3 МГц. Поскольку встроенный ключ имеет высокое быстродействие и низкое сопротивление, преобразователь может работать на высоких частотах с высоким КПД. Это дает возможность гибко выбирать рабочую частоту для уменьшения влияния на устройства, которые чувствительны к электромагнитным помехам. В любом случае, уровень излучения LT8614 очень низкий. На рис. 2 показан спектр излучения этого преобразователя, измеренный на оценочной плате при выходном токе 2 А, входном напряжении 12 В, выходном напряжении 3,3 В и рабочей частоте 700 кГц. Видно, что измеренный уровень излучения на всех частотах ниже, чем допускается в соответствии со стандартом CISPR 25.

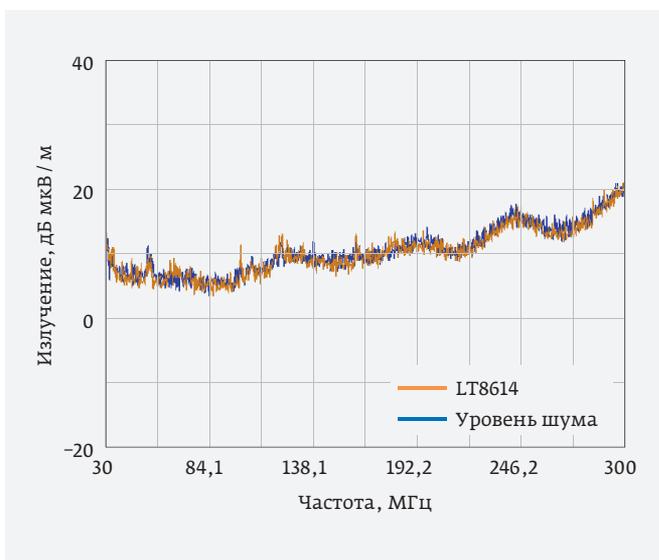


Рис. 2. Уровень излучения LT8614

Чтобы оценить преимущества технологии Silent Switcher по сравнению с другими решениями, используемыми при проектировании импульсных ИВП, были произведены измерения уровня излучения электромагнитных полей, генерируемых микросхемами LT8610 и LT8614. Испытания проводились в одной и той же ГТЕМ-ячейке, с одинаковыми величинами нагрузки, входного и выходного напряжения. Микросхемы были смонтированы на стандартных оценочных платах с одинаковыми индуктивностями. Результаты измерений приведены на рис. 3.

Видно, что технология Silent Switcher, используемая в LT8614, дает уменьшение уровня излучения на 20 дБ по сравнению даже с весьма низким уровнем излучения LT8610. Особенно важно, что этот эффект хорошо работает в области высоких частот, что позволяет использовать более простые и компактные конструкции, отпадает необходимость в экране, смягчаются требования

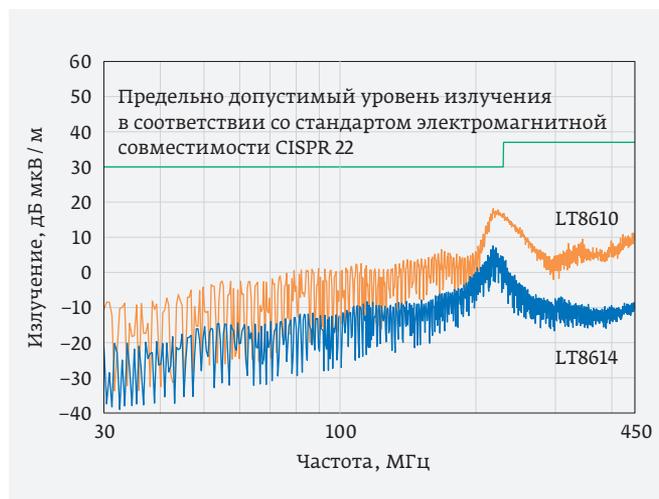


Рис. 3. Сравнение спектров излучения LT8610 и LT8614. Частота коммутации – 700 кГц. Входное напряжение – 14 В, выходное – 3,3 В, выходной ток – 2 А

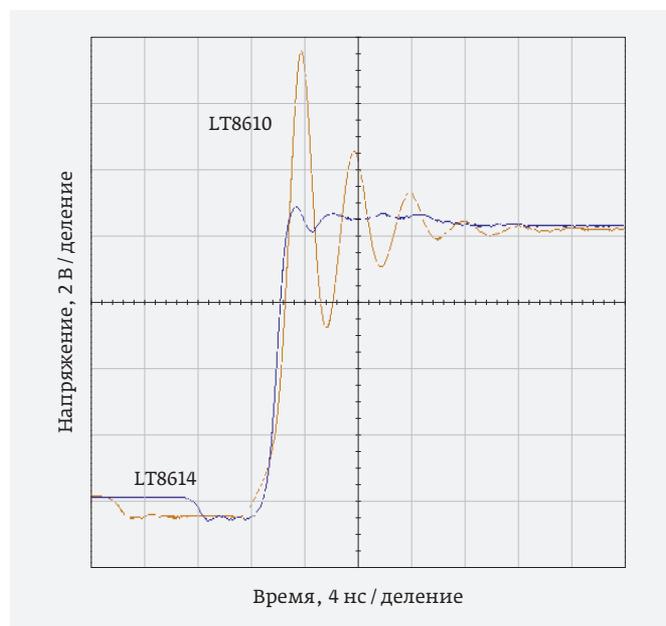


Рис. 4. Сравнение переходных процессов в LT8614 и LT8610

к фильтрам, становится возможно располагать импульсный блок питания гораздо ближе к компонентам, чувствительным к электромагнитным помехам.

Обратимся к рис. 4. На нем приведены осциллограммы переходных процессов с разрешением 4 нс на деление для LT8614 и LT8610. В обоих случаях выходной ток равен 2,2 А, входное напряжение равно 8,4 В,

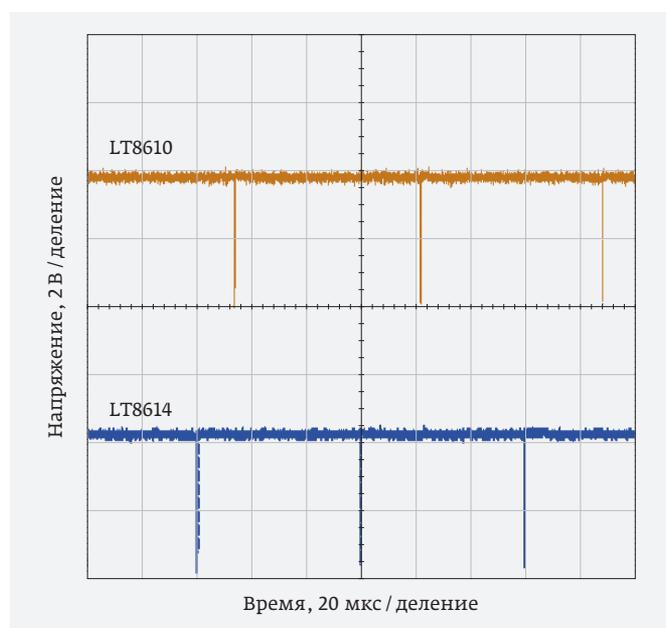


Рис. 5. Сравнение поведения LT8614 и LT8610 при низком входном напряжении

выходное – 3,3 В. Видно, что благодаря технологии Silent Switcher у LT8614 очень быстрый и гладкий переходный процесс, практически без перерегулирования. В то же время у LT8610 переходный процесс сопровождается затухающим «звоном», что свидетельствует о том, что у этой микросхемы паразитные колебания энергии в цепи «горячего» контура заметно больше и затухают дольше.

Осциллограммы, приведенные на рис. 4 и 5, получены на стандартных демонстрационных платах с помощью пробников Tektronix P6139A, которые имеют полосу рабочих частот до 500 МГц.

К достоинствам преобразователя LT8614 можно отнести также высокое максимальное входное напряжение, которое равно 42 В, и малое падение напряжения на преобразователе при низких входных напряжениях. Часто критически важно поддерживать на выходе напряжение 3,3 В для питания схем управления даже при существенном проседании входного напряжения. Преобразователь демонстрирует поведение, которое необходимо в таких случаях: при высоком входном напряжении он понижает его до необходимых 3,3 В, как стандартные импульсные преобразователи, а при понижении входного напряжения ниже 3,4 В он начинает пропускать циклы выключения по мере необходимости, чтобы обеспечить минимальное падение напряжения, как показано на рис. 5.

В отличие от альтернативных решений, падение напряжения на LT8614 не ограничено максимальной скважностью и минимальным временем выключения, а обусловлено только сопротивлением встроенного ключа.

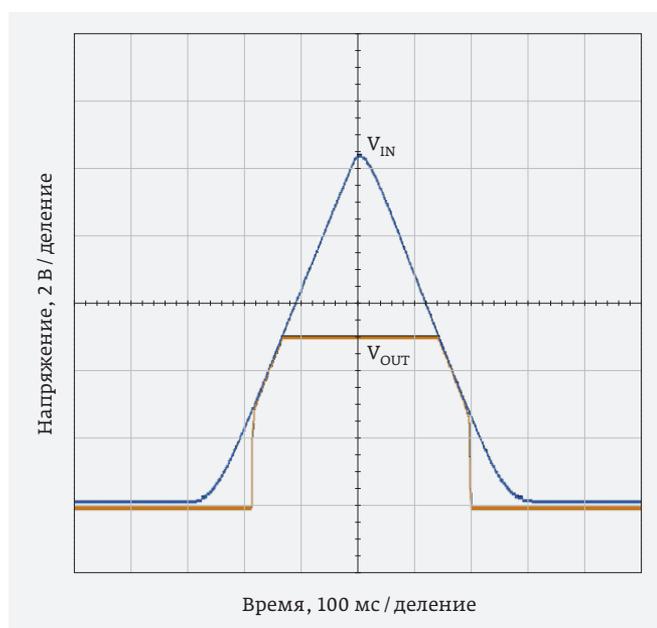


Рис. 6. Зависимости напряжений на входе и выходе LT8614 от времени при нагрузке 20 Ом

В результате мы получаем практически идеальный результат зависимости выходного напряжения от входного, как показано на рис. 6.

Ключи в LT8614 имеют крайне низкое время переключения, равное всего 30 нс, что позволяет использовать большие коэффициенты понижения даже при высоких частотах переключения. В результате, можно получать низкое напряжение питания логического ядра с помощью однократного понижения входного напряжения величиной до 42 В.

Еще одно достоинство LT8614, о котором нельзя не упомянуть, это очень низкий ток потребления: всего 2,5 мкА. Причем это полный ток потребления всей микросхемой при отсутствии нагрузки.

В заключение еще раз отметим, что в импульсном преобразователе LT8614 использована фирменная технология Silent Switcher, которая снижает электромагнитное излучение более чем на 20 дБ, одновременно увеличивая эффективность, без недостатков, присущих другим методам снижения помех: без ущерба для минимальных времен включенных и выключенных состояний, без дополнительных компонентов и без экранирования, что является значительным прорывом в разработке импульсных источников питания. Раньше было невозможно получить такой набор характеристик в одной микросхеме. Это просто революционный продукт, который позволяет инженерам поднять качество разрабатываемой продукции на новый уровень! ●

## НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА «ТЕХНОСФЕРА»



# ПОЛУПРОВОДНИКОВАЯ СИЛОВАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

М.: ТЕХНОСФЕРА,  
2018. — 216 с. + 12 с. цв. вкл.,  
ISBN 978-5-94836-367-7

**А. И. Белоус, С. А. Ефименко, А. С. Турцевич**

Цена 517 руб.

В книге представлена информация о принципах работы, составе и основных технических характеристиках базовых элементов силовой электроники. На практических примерах рассмотрены основные аспекты проектирования и изготовления элементов силовой электроники, этапы расчета и конструирования основных типов энергосберегающих приборов и устройств для автоэлектроники, осветительной техники, управления электродвигателями и источниками питания.

Книга ориентирована на широкий круг читателей — ученых, инженерно-технических работников, студентов, инженеров — разработчиков радиоэлектронной аппаратуры.

### КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ +7 495 234-0110; 📠 +7 495 956-3346; [knigi@technosphaera.ru](mailto:knigi@technosphaera.ru), [sales@technosphaera.ru](mailto:sales@technosphaera.ru)