

# Источники питания компьютеров приближаются к «платиновому» уровню стандарта

Публикуется с разрешения Texas Instruments ([www.ti.com](http://www.ti.com))

**Михаэль О'Лафлин (Michael O'Loughlin) (США)**

**В статье проводится сравнительный анализ двух методов управления синхронным выпрямителем мостового преобразователя со сдвигом фазы. Сравняется их энергоэффективность.**

## ВВЕДЕНИЕ

Стандарт 80 PLUS™ и экологическая программа Climate Savers Computing™ initiatives устанавливают очень жёсткие требования к энергоэффективности источников питания. «Платиновый» уровень этих стандартов соответствует эффективности 90% при нагрузке 20% от номинальной, 94% при нагрузке 50% и 91% при полной нагрузке.

Для того чтобы удовлетворить этим требованиям, некоторые разработчи-

ки используют мостовые DC/DC-преобразователи со сдвигом фаз и синхронным выпрямителем. В этом случае возможно достичь коммутации при нулевом напряжении (zero voltage switching – ZVS) первичных FET. Часто применяемый способ управления синхронным выпрямителем – использование тех же сигналов управления, что и для первичных FET.

Единственная проблема заключается в «мёртвом времени», величина кото-

рого устанавливается исходя из необходимости достичь ZVS. В результате во время холостого хода оба ключа синхронного выпрямителя разомкнуты, но через диоды ключей протекает очень большой ток и энергоэффективность снижается.

Цель настоящей статьи – предложить различные временные диаграммы работы синхронного выпрямителя с целью уменьшить время проводимости диодов и тем самым повысить эффективность всей системы в целом.

Сегодня производится не очень много ШИМ-контроллеров для управления мостовыми преобразователями со сдвигом фазы, но ни в одном из них не предусмотрено управление синхронным выпрямителем (QE и QF). Используя такие ШИМ-контроллеры, разработчики вынуждены искать способ управления синхронным выпрямителем с помощью сигналов OUTA и OUTB ШИМ-контроллера. Функциональная схема преобразователя показана на рисунке 1.

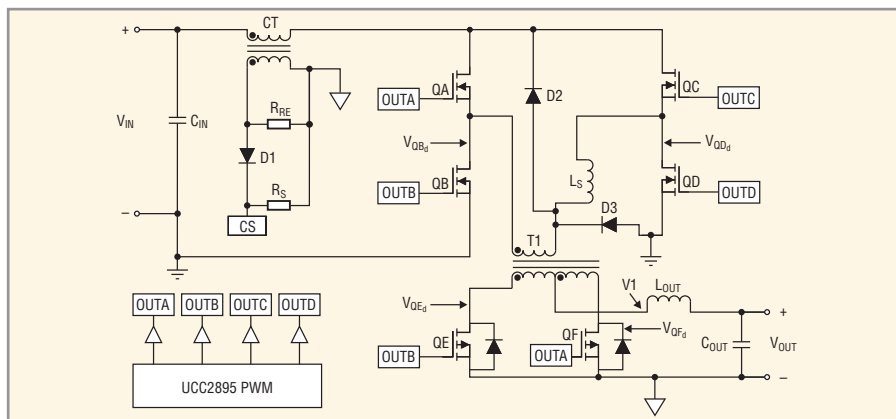
## ПРОБЛЕМЫ

Режим ZVS с помощью ШИМ-контроллера достигается посредством задержки включения FET моста (QA, QB, QC, QD). Задержка ( $t_{delay}$ ) между включением и выключением QA и QB синхронизируется с QE и QF и должна происходить одновременно, позволяя встроенным диодам ключей оставаться в проводящем состоянии. Приведённое ниже выражение даёт хорошую оценку потерям во встроенных диодах ключей QE и QF:

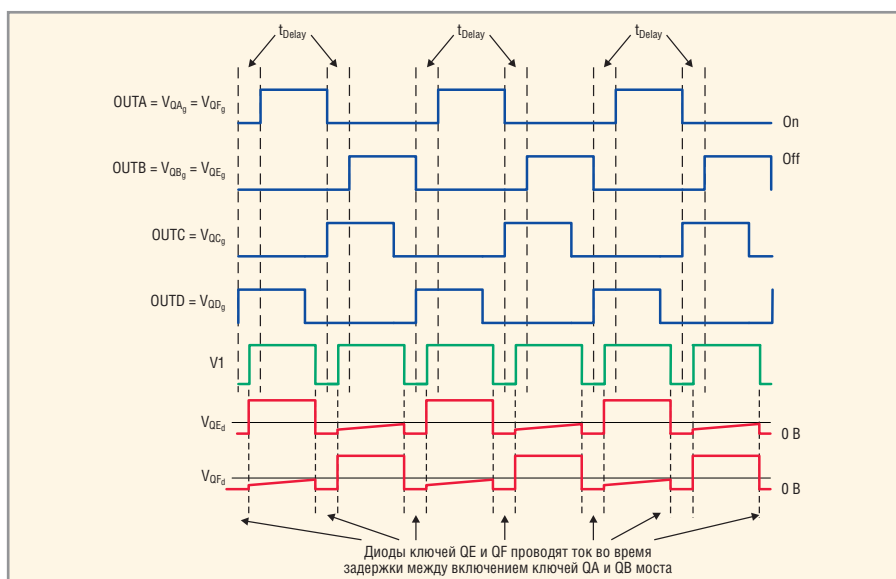
$$P_{diode} = P_{out} / V_{out} V_D t_{delay} f_s,$$

где  $V_D$  – прямое падение напряжения на диоде;  $f_s$  – частота коммутации.

Чрезмерные потери мощности на диодах ( $P_{diode}$ ) ключей QE и QF могут происходить, если проектировщик стремится уложиться в требования «платинового» стандарта. На рисунках 1 и 2 детально показана работа преобразователя. Сигнал OUTA управляет ключами QA и QF, а сигнал OUTB – ключами QB и QE.  $V_1$  – напряжение на входе фильтра  $L_{OUT}-C_{OUT}$ , а  $V_{QE}$  и  $V_{QF}$  –



**Рис. 1. Мостовой преобразователь со сдвигом фаз, модифицированный для управления синхронным выпрямителем**



**Рис. 2. Временная диаграмма работы схемы, изображённой на рисунке 1**

напряжения на ключах синхронного выпрямителя QE и QF соответственно.

**РЕШЕНИЕ**

Решение заключается в уменьшении потери проводимости диодов ключей QE и QF во время периода задержки ( $t_{delay}$ ). Управлять ключами QE и QF лучше отдельными сигналами, так чтобы импульсы включения формировались «внахлест» – в определённый момент времени оба ключа в проводящем состоянии. На рисунке 3 показана функциональная схема мостового преобразователя со сдвигом фазы и шестью управляющими сигналами QA – QF. Импульсы управления для QE (OUTE) и QF (OUTF) могут быть сформированы по фронтам импульсов QA – QD. Временные диаграммы представлены на рисунке 4 и в таблице.

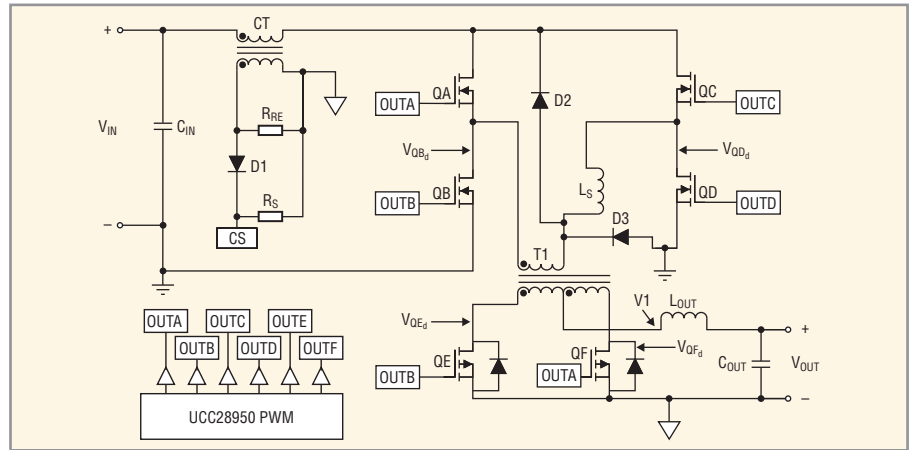
**РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА**

Для того чтобы убедиться в эффективности предложенного метода уменьшения времени проводимости диодов, был использован мостовой преобразователь со сдвигом фазы 390/12 В. Его модифицировали так, чтобы управлять FET в соответствии с рисунками 2 и 4.

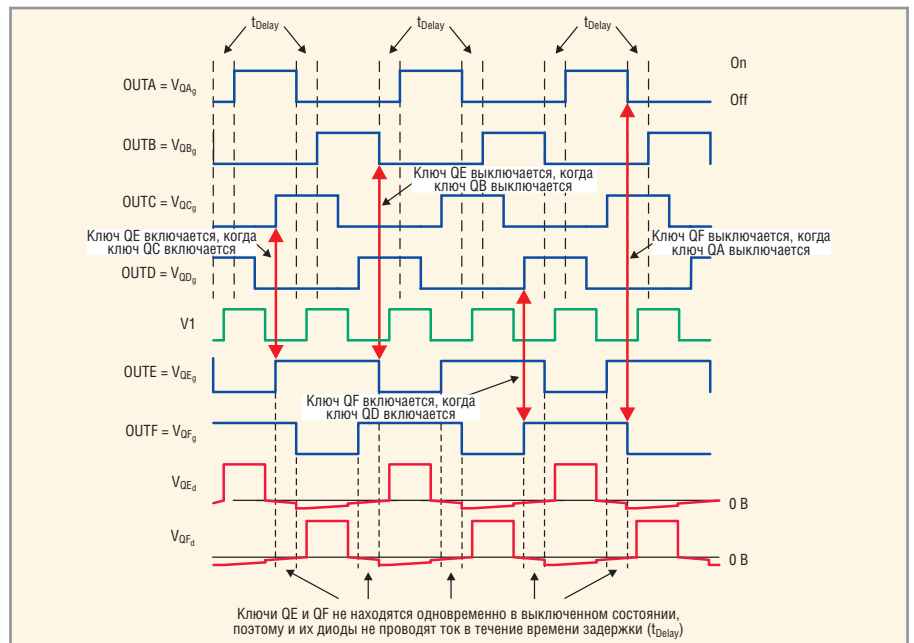
На рисунке 5 показаны осциллограммы работы, когда на затворы ключей QE и QF синхронного выпрямителя поступают импульсы управления OUTA и OUTB ШИМ-контроллера. На осциллограммах видно, что во время задержки ( $t_{delay}$ ) наблюдается проводимость диодов ключей синхронного выпрямителя.

На рисунке 6 показаны осциллограммы работы преобразователя, когда ключи синхронного выпрямителя управляются отдельными импульсами: OUTE и OUTF (реализована схема, изображённая на рисунке 3). Эти сигналы формируются новым контроллером TI UCC28950 для мостового преобразователя со сдвигом фазы. Из рисунка видно, что диоды ключей QE и QF синхронного выпрямителя не проводят ток, когда включены оба ключа одновременно. И хотя всё же на небольшом интервале времени проводимость диодов ключей наблюдается, но она значительно меньше, чем на рисунке 5.

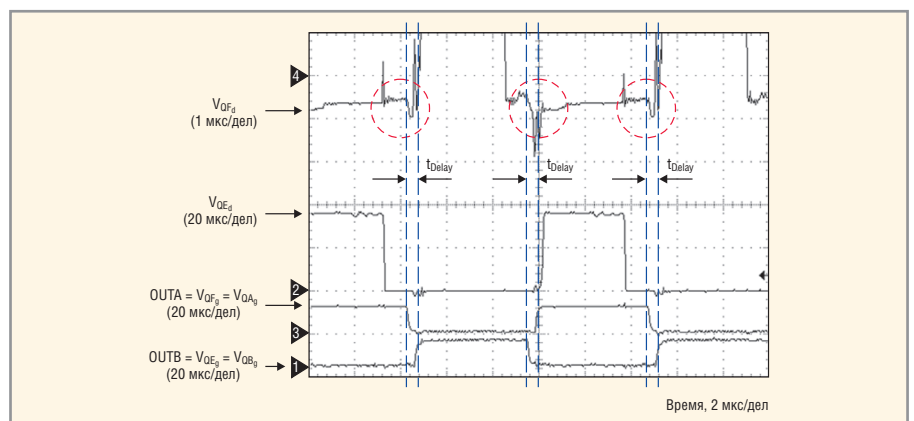
Была измерена энергоэффективность 600-Вт DC/DC-преобразователя для обоих вариантов схем управления при нагрузке 20...100% от номинальной. Результаты измерения представлены на рисунке 7. Из рисунка видно, что в



**Рис. 3. Мостовой преобразователь со сдвигом фаз с временной диаграммой работы, показанной в таблице 1**



**Рис. 4. Временная диаграмма работы для уменьшения времени проводимости диодов ключей QE и QF**



**Рис. 5. Осциллограммы проводимости диодов ключей QE and QF**

диапазоне нагрузок 50...100% эффективность схемы с управляющими импульсами OUTE и OUTF увеличивается

на 0,4%. На первый взгляд подобный прирост может показаться незначительным, но и он может сыграть свою

**Формирование сигналов OUTE и OUTF**

OUTE	Включается, когда OUTC включен	Выключается, когда OUTB выключен
OUTF	Включается, когда OUTD включен	Выключается, когда OUTA выключен

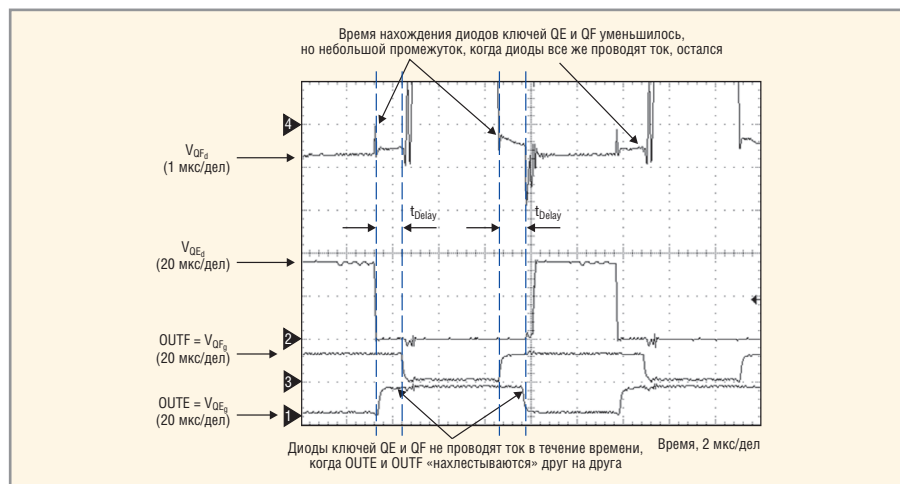


Рис. 6. Осциллограммы, показывающие сокращение времени проводимости диодов ключей QE and QF

роль, когда разработчик стремится достичь «платинового» стандарта.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Управлять синхронным выпрямителем импульсного мостового преобразователем со сдвигом фазы можно, используя импульсы OUTA и OUTB. Однако между этими импульсами предусмотрена задержка (tdelay) для реализации режима ZVS. Во время этой задержки оба ключа синхронно вы-

прямителя выключены, а их диоды находятся в проводящем состоянии. В статье показано, что более эффективным является способ, когда проводящее состояние ключей «нахлестывается» – существует интервал времени, когда оба ключа находятся в проводящем состоянии, при этом через диоды этих ключей ток не протекает. И хотя и в этом случае существует очень небольшой момент времени, когда диоды находятся в проводящем состоянии, всё же он зна-

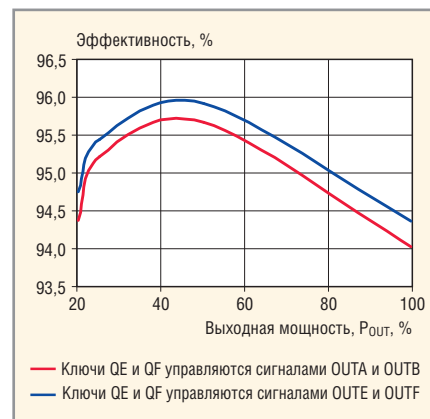


Рис. 7. Эффективность 600-Вт DC/DC-преобразователя при различных способах управления ключами QE и QF

чительно меньше, нежели в первом случае. При этом возрастает общая эффективность системы и проще достигнуть «платинового» уровня стандарта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. <http://focus.ti.com/analog/docs/power-home.jsp?familyId=64&contentType=4>.
2. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ucc2895.html>.
3. <http://focus.ti.com/docs/prod/folders/print/ucc28950.html>.



## Новости мира News of the World Новости мира

### Закон Мура получает четвёртое измерение

Сихат Сутарджа (Sehat Sutardja), президент Marvell Technology Group, считает, что за хорошими новостями полупроводниковой индустрии скрывается развивающийся кризис, который через десятилетие сотрясёт всю электронную индустрию, если ничего не предпринимать.

Закон Мура не является, в общем-то, законом. Господин Мур сформировал в своё время своего рода социальный контракт между полупроводниковой индустрией и потребителями, который позволяет технологии экспоненциально развиваться. Нет важной причины, почему закону Мура следует существовать и далее. Почему же индустрия должна его придерживаться? Потому что, несмотря на растущую финансовую стоимость следования закону, общественная цена ухода от него будет гораздо выше.

В последние 50 лет интегральные схемы лежат в основе многих товаров и услуг и являются движущей силой мировой экономики. Закон Мура описывает темпы инноваций не только в полупроводниковом мире, но в некоторой степени и во всей современной жизни. Какова же цена быстрых изменений?

Стандартное определение закона Мура заключается в том, что плотность транзисторов в компьютерных чипах растёт вдвое каждые два года, но на деле всё сложнее. Закон имеет несколько измерений, каждое из которых может быть описано как различные оси развития:

- размер (плотность). Требуемая для размещения определённого числа транзисторов площадь уменьшается с годами;
- производительность. Чипы одинакового размера становятся мощнее с точки зрения объёма памяти, скорости вычислений и т.д.;
- цена. Чем меньше чип, тем ниже стоимость. Если же переработать дизайн чипа для усиления прироста скорости от отдельных транзисторов, то цена может снижаться даже быстрее. Тем не менее, именно увеличение производительности было основным фокусом в прошедшие десятилетия.

Последние 20 лет развитие шло в сторону увеличения плотности, оставляя размер чипа примерно на одном уровне, добиваясь максимума производительности и интеграции. В последнее время процесс создания всё более сложных отдельных процессоров с ещё более мелкими транзисторами стал непомерно дорогим. Сихат Сутарджа отмечает, что, столкнувшись с новой реальностью, крупные процессорные компании переключились на многоядерный дизайн. Это работает, но за это пришлось заплатить одним из трёх измере-

ний – размером, – возможно, навсегда. Хорошая новость в том, что закон Мура по-прежнему не затронут. Сохранить темпы на прежнем уровне можно, но постепенно риски прекращения развития увеличиваются.

Сихат Сутарджа считает, что есть четвёртое, скрытое, измерение, которое позволит сохранить действие закона Мура и даже продлить его: эффективность. Эффективность объясняет, как всего за 50 лет индустрия смогла добиться такого прогресса, чтобы превратить массивные компьютеры размером с дом, нуждающиеся в собственной энергосистеме и мощном охлаждении, в ноутбуки с намного более высокой производительностью.

Несколько десятилетий назад эффективность была не особенно интересна игрокам рынка, рассуждающим примерно так: «Средний чип потребляет ватты, и даже если его потребление постепенно повысится до 100 или 200 Вт, это значение всё ещё меньше, чем у домашних ламп или электроприборов».

Но г-н Сутарджа полагает, что, позволив полупроводниковой индустрии стать самой энергоёмкой отраслью на планете, социальный контракт, которым является Закон Мура, был нарушен, и это нечестно. По его мнению, полупроводниковая индустрия призвана делать мир лучше, а не хуже, являться двигателем прогресса, но не за счёт окружающей среды.

Сихат Сутарджа говорит, что если 20% денег на исследования и разработку тратить на вопросы сокращения энергопотребления чипов на 15% в год, то среднее устройство в 2020 г. будет потреблять лишь 20% того, что требуется ему сегодня. ПК будут требовать 40 Вт, а не 200, как сейчас. Это может показаться сложным, но сегодняшние смартфоны уже потребляют минимальное количество энергии, работая при этом сутки. Если заменить каждый чип в мире на такие новые энергоэффективные процессоры, мировой рынок сможет вместить в 5 раз больше электронных продуктов, чем сегодня, без необходимости строительства новых электростанций.

Господин Сутарджа отмечает, что при этом потребитель почти ничего не будет терять. Следующее поколение чипов будет выходить не раз в 15 месяцев, а раз в 18; ноутбук будет работать на процессоре 2,4 ГГц, а не 2,8, и скидка на iPod будет сделана не в этом ноябре, а в следующем феврале: это небольшая, но необходимая жертва.

Таким образом, президент Marvell считает, что настало время нового социального контракта, который бы поддержала вся полупроводниковая индустрия: сохранение общего энергопотребления на текущем уровне. Звучит сложно, но и закон Мура,

сформулированный в 1965 г., как тогда казалось, в 2010 г. работать уже не будет. Это является новой задачей индустрии.

Другими словами, Сихат Сутарджа задекларировал то явление, которое уже происходит. Пользователи должны и даже готовы платить не только за увеличение производительности, но и за уменьшение энергопотребления.

<http://www.eetimes.com/>

### В MIT разрабатывают солнечный термохимический аккумулятор

До последнего времени человечество использовало энергию солнца лишь двумя способами: для нагрева воды как теплоносителя для турбин и для обогрева зданий или преобразуя её в электричество с помощью солнечных батарей. В 70-х годах прошлого века было предложено аккумулировать энергию солнца с помощью структурных изменений в молекулах специальных веществ. Под воздействием солнечного света такие молекулы меняют свою конфигурацию, переходя в более высокое энергетическое состояние и запасая таким образом тепло. Обратный процесс соответственно сопровождается тепловыделением и возвращением структуры молекулы в исходное состояние. Главные достоинства такого термохимического способа преобразования – запасённая энергия может храниться в течение долгого времени без заметных утечек и теплоизоляции. В 1996 г. был открыт фульвален-тетракарбонилдирутений (fulvalene diruthenium), который демонстрировал такие необычные свойства.

Обратный процесс выделения тепла соединением «включался» катализатором или дополнительным нагревом. Минусом стало то, что рутений довольно редкий и дорогой элемент, что делает термохимический метод преобразования непрактичным. Однако исследования группы учёных из Массачусетского технологического института (MIT) позволили раскрыть механизм поглощения и освобождения энергии этим веществом, что даёт перспективу найти недорогую замену рутению. По словам Джеффри Гроссмана (Jeffrey Grossman), ведущего специалиста исследований, между двумя крайними состояниями фульвален-тетракарбонилдирутения существует промежуточный этап с нестабильным состоянием. Именно эта энергетическая ступень позволяет соединению рутения запасать и хранить энергию в стабильном состоянии. Обнаруженный механизм преобразования даёт надежду на замену дорогого компонента на более доступный и практичный материал.

<http://web.mit.edu/>