



AHEAD OF WHAT'S POSSIBLE™

Как минимизировать количество и размер выходных конденсаторов в схеме блока питания

Ф. Досталь

УДК 621.382 | ВАК 05.27.01

В блоках питания, как правило, используются керамические выходные конденсаторы с емкостью от 100 нФ до 100 мкФ. Они имеют достаточно высокую стоимость, занимают место на печатной плате, и в случае задержки поставок возникают трудности с их приобретением. Следовательно, появляется проблема, как можно минимизировать количество и размер выходных конденсаторов.

Функции выходных конденсаторов

В данном случае принципиальными являются две функции: сглаживание пульсаций выходного напряжения и стабилизация выходного напряжения при переходных колебаниях нагрузки.

Для начала нужно сделать следующую оговорку по поводу термина «выходной конденсатор» – данный элемент электрической цепи располагается на выходе источника питания. Помимо этого, многие электронные нагрузки, такие как ПЛИС, требуют определенного числа входных конденсаторов. Типовая схема источника питания с подключенной нагрузкой (ПЛИС) представлена на рис. 1. В случае, когда физическое расстояние между генерирующим ток источником и потребителем очень мало, граница между выходным конденсатором источника питания и входным конденсатором нагрузки становится размытой.

Обычно их разграничивают путем некоторого разнесения в пространстве, в связи с чем возникает значительная паразитная индуктивность ($L_{расп}$).

Сборка конденсаторов на выходе источника питания определяет величину пульсации напряжения в понижающем импульсном стабилизаторе. На практике пульсация напряжения на выходе рассчитывается как произведение пульсации тока индуктивности на импеданс выходных конденсаторов:

$$V_{\Delta} = I_{L\Delta} \cdot Z_{C_{вых}} \quad (1)$$

Величина импеданса, $Z_{C_{вых}}$, зависит от размера и числа конденсаторов, а также

от величин эквивалентного последовательного сопротивления (ESR) и эквивалентной последовательной индуктивности (ESL). Если на выходе источника питания используется только один конденсатор, эта формула легко к нему применима. В более сложных ситуациях (см. рис. 1), когда параллельно подключено несколько конденсаторов, а в сети возникает последовательная индуктивность ($L_{расп}$), расчеты становятся труднее.

Для последнего случая идеально подходит программный пакет LTspice®. Принципиальная схема, построенная для конфигурации на рис. 1, представлена на рис. 2. Отдельным конденсаторам могут присваиваться различные значения параметров, в том числе ESR и ESL. Также предусмотрен учет влияния расположения элементов на печатной плате ($L_{расп}$). Когда схема готова, происходит моделирование пульсации напряжения на выходе импульсного стабилизатора и на входе нагрузки.

Кроме того, выходные конденсаторы влияют на смещение выходного напряжения при переходных колебаниях нагрузки. Данный эффект также можно моделировать с помощью LTspice. Отдельно стоит отметить, что в определенных границах существует взаимосвязь между скоростью контура управления и импедансом выходных конденсаторов. За счет более быстрого контура управления

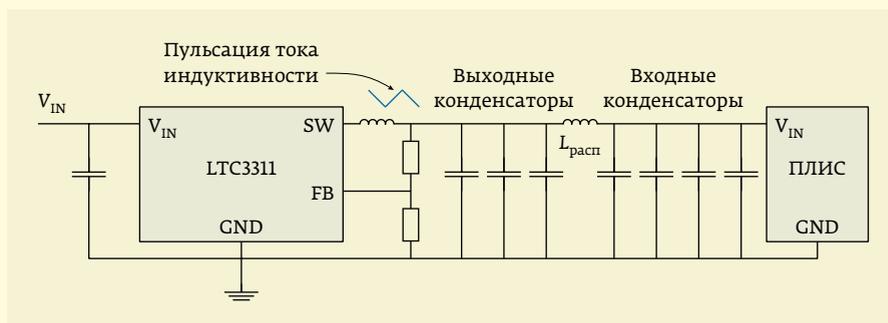


Рис. 1. Импульсный стабилизатор LTC3311 с выходными конденсаторами и входными конденсаторами подключенной ПЛИС

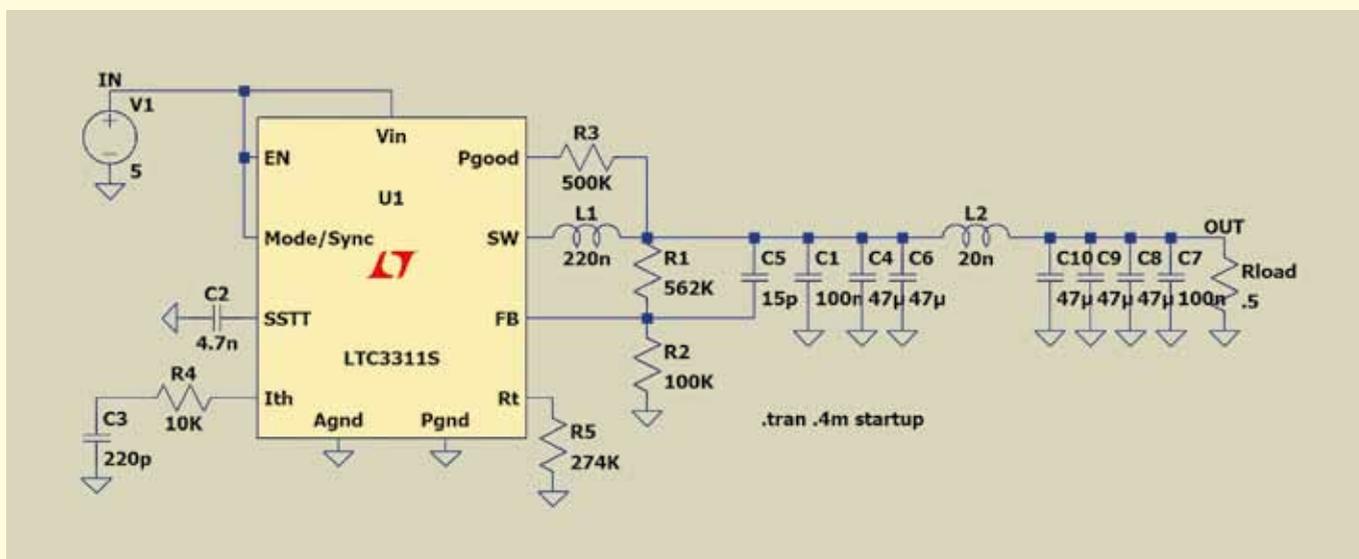


Рис. 2. Расчет параметров конденсаторов на выходе источника питания с помощью LTspice

блоком питания можно уменьшить количество выходных конденсаторов, необходимое для поддержания напряжения в заданном диапазоне при переходных колебаниях нагрузки.

Также немаловажно, что импульсный стабилизатор LTC3311-1 поддерживает функцию адаптивного позиционирования напряжения (adaptive voltage positioning, AVP), которая позволяет использовать суммарную погрешность по напряжению и за счет расширения полосы пропускания контура еще больше сокращать число выходных конденсаторов.

Адаптивное позиционирование напряжения немного увеличивает выходное напряжение в режиме малой нагрузки и уменьшает его при высокой нагрузке. Таким образом, при возникновении переходного режима большая часть динамических отклонений выходного напряжения будет находиться в диапазоне допустимых значений.

Для поиска путей оптимизации управляющего контура и определения минимального числа выходных конденсаторов рекомендуется использовать программный продукт LTpowerCAD® от Analog Devices. Снимок экрана при расчете скорости контура управления представлен на рис. 3. На графике показан расчетный выброс напряжения, вызванный переходными процессами в нагрузке. В целях оптимизации можно изменить параметры выходных конденсаторов и отрегулировать скорость контура управления импульсного стабилизатора.

После того, как нужные параметры проверены, можно уменьшить число выходных конденсаторов в блоке питания. Данный подход позволяет сократить затраты и сэкономить место на печатной плате, поэтому он входит в число рекомендованных этапов разработки системы.

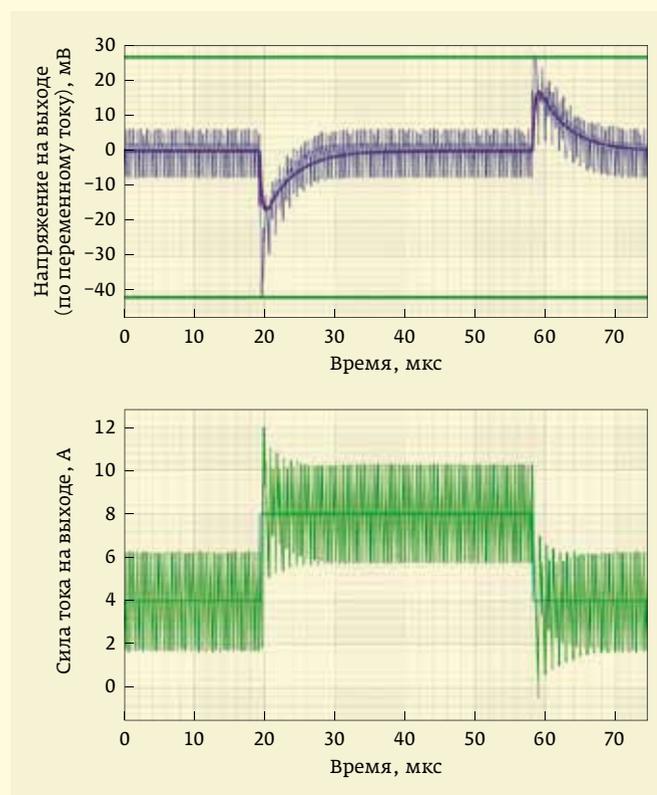


Рис. 3. Оптимизация контура управления импульсного стабилизатора и уменьшение числа выходных конденсаторов с помощью LTpowerCAD