

ЯК ЗМЕНШИТИ РІВЕНЬ ПУЛЬСАЦІЙ В ДЖЕРЕЛАХ ЖИВЛЕННЯ ЗІ СТИБКОПОДІБНОЮ ЗМІНОЮ СТРУМУ НАВАНТАЖЕННЯ

HOW TO REDUCE THE LEVEL OF PULSATIONS IN POWER SOURCES WITH A JUMP-LIKE CHANGE IN THE LOAD CURRENT

У статті наведені результати моделювання DC/DC-перетворювачів при їх роботі на навантаження, що змінюється стрибком. Показано, що використання перетворювачів з частотою комутації ключів декілька мегагерц дозволяє трохи знизити рівень пульсацій викликаних зміною опору навантаження. За результатами моделювання зроблено висновок про необхідність використання на виході LDO-регулятори для зменшення рівня пульсацій.

В. Макаренко

Abstract – In the article, modeling of DC/DC converters during their operation on a load that changes with a jump is carried out. It is shown that the use of converters with a key switching frequency of several megahertz makes it possible to slightly reduce the level of pulsations caused by a change in load resistance. According to the simulation results, a conclusion was made about the need to use LDO-regulators at the output to reduce the level of pulsations.

V. Makarenko

Блоки обробки сигналів в системи на кристалі (SoC) зазвичай характеризуються різкими змінами струму навантаження, під час яких виникають перехідні процеси в джерелах живлення, цих пристроїв. Ці перехідні процеси можуть привести до збоїв у колах живлення що в свою чергу може привести до збоїв роботи синтезаторів частоти в системах безпроводового зв'язку. Під час перехідного процесу може змінюватись частота сигналу синтезаторів на основі системи ФАПЧ.

Таким чином, є зростаюча потреба мінімізувати вплив струму навантаження на перехідний процес джерел живлення для покращення продуктивності системного рівня для будь-якої радіочастотної системи SoC.

Одним із найпростіших методів досягнення швидких перехідних процесів у шинах живлення є вибір регуляторів, які мають малий час перехідних процесів. Як правило, час перехідного процесу тісно пов'язаний з частотою комутації силових ключів DC/DC-перетворювачів. При збільшенні частоти комутації час перехідного процесу зменшується, оскільки всі кола управління перетворювачем мають більш широку смугу пропускання.

На рис. 1 показані типові перехідні процеси імпульсного джерела живлення при стрибкоподібній зміні струму споживання в системах 5G з використанням RFSoc [1]. Різка зміна струму навантажен-

ня відбувається при роботі пристроїв в дуплексному режимі в системах з частотним поділом каналів (при включенні та виключенні режиму передавання). Оскільки для стабільної роботи синтезатора, а особливо генератора, керованого напругою, необхідно забезпечити не тільки стабільну напругу живлення, а і низький рівень шуму та завад в колах живлення.

Автор статті [1] рекомендує використовувати DC/DC-перетворювачі LT8625SP які можна використовувати для живлення двох критичних груп навантажень 1 В від однієї IC шляхом розділення кіл динамічного та статичного навантажень за допомогою другого фільтра нижніх частот, що складається з котушки L2 та конденсаторів C3, C4 (рис. 1). Він вказує що при динамічному перехідному навантаженні від 4 А до 6 А напруга живлення повертається до номінального значення за 5 мкс і зміна напруги не перевищує 0.8% від номінального значення. Він також вказує на те, що збільшення частоти комутації ключів дозволяє зменшити пульсації напруги при динамічній зміні струму навантаження. Це відбувається ще і завдяки тому, що кола керування такого перетворювача мають широку смугу пропускання і дозволяють прискорити процес відновлення вихідної напруги.

Спробуємо перевірити ці положення при використанні іншого перетворювача, скориставшись цими рекомендаціями. На рис. 2 наведена модель

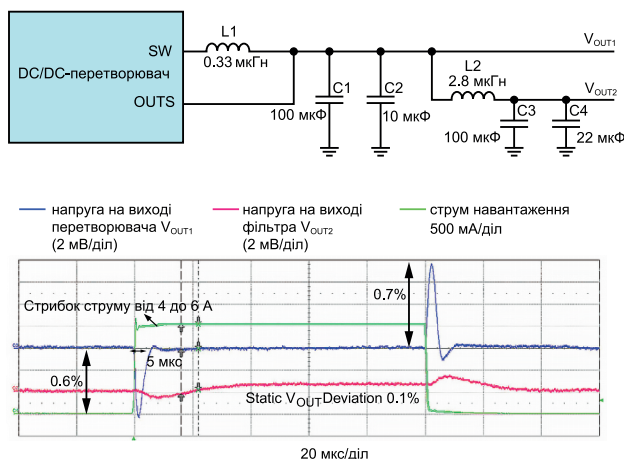


Рис. 1. Перехідні процеси на виході DC/DC-перетворювача LT8625 при стрибкоподібній зміні струму навантаження від 4 до 6 А

DC/DC-перетворювача на базі ІМС LT8636 [2] з максимальною частотою комутації ключів 3 МГц і струмом навантаження до 7 А. Тобто такий перетворювач достатньо високочастотний для проведення дослідів.

Для моделювання використана рекомендована виробником схема включення ІМС LT8636 з вихідною напругою 5 В і струмом навантаження 5 А. Для стрибкоподібної зміни навантаження використову-

ється ключ SW, керований напругою. Тривалість імпульсу керування ключем, формуемого генератором V2, дорівнює 100 мкс, а період слідування імпульсів – 200 мкс. На рис. 3 наведена форма вихідного сигналу DC/DC-перетворювача LT8636 при частоті комутації ключів 1 МГц та 3 МГц. Частота комутації змінюється при зміні опорного резистора R1.

Як витікає з результатів дослідів, зміна частоти фактично не вплинула на величину пульсацій вихідної напруги. Отже потрібно шукати інші шляхи зменшення часу перехідного процесу та зменшення величини пульсацій при зміні струму навантаження. Спробуємо збільшити ємність C5 в колі зворотного зв'язку (рис. 2) до 300 пФ. Результат моделювання при такому значенні ємності наведений на рис. 4.

Як витікає з рис. 4, при частоті комутації ключів 3 МГц рівень пульсацій на 0.03 В менший ніж при частоті 1 МГц. Загалом збільшення ємності в колі зворотного зв'язку призвело до зменшення рівня пульсацій приблизно у 3 рази. Але збільшення ємності цього конденсатора призводить до збільшення часу перехідного процесу при включенні перетворювача.

Як впливає з проведених дослідів отриманий результат значно відрізняється від наведеного в [1]. Тому для більш коректного порівняння результатів використовуємо ІМС перетворювача з технологією Silent Switch LT8640 [3]. Модель такого перетворю-

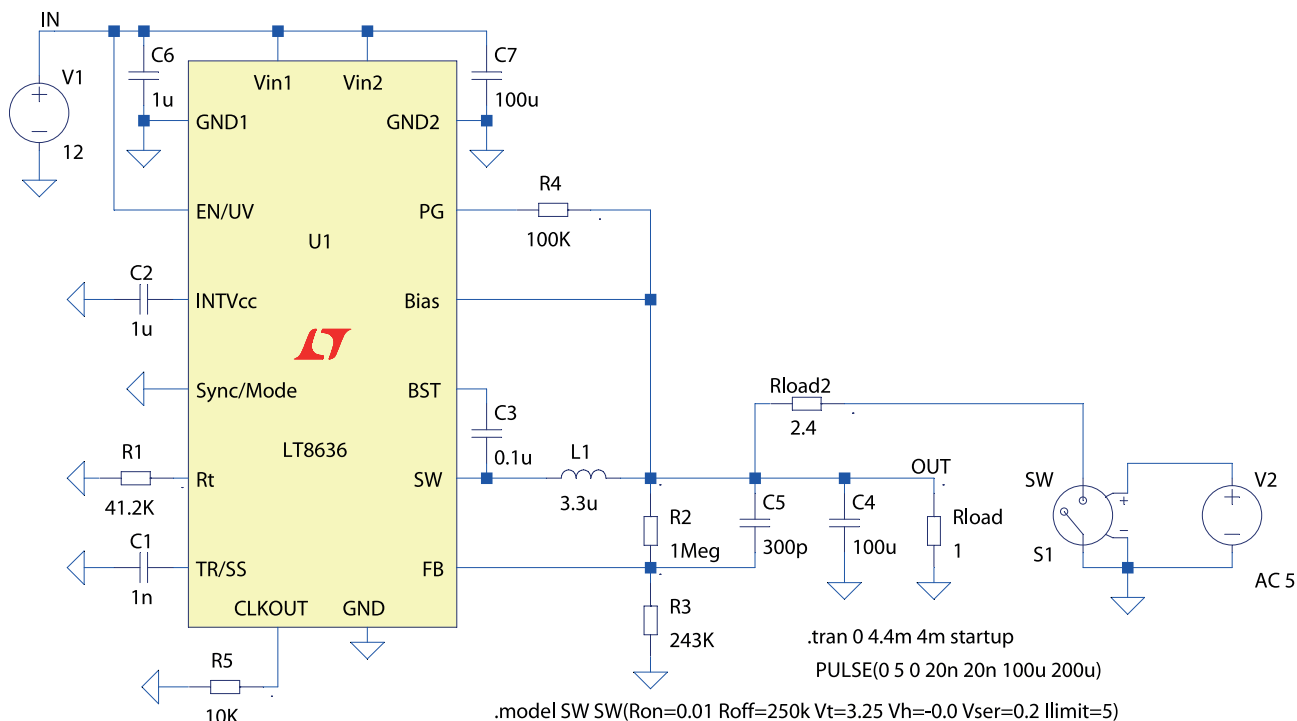


Рис. 2. Модель DC/DC-перетворювача з динамічним навантаженням

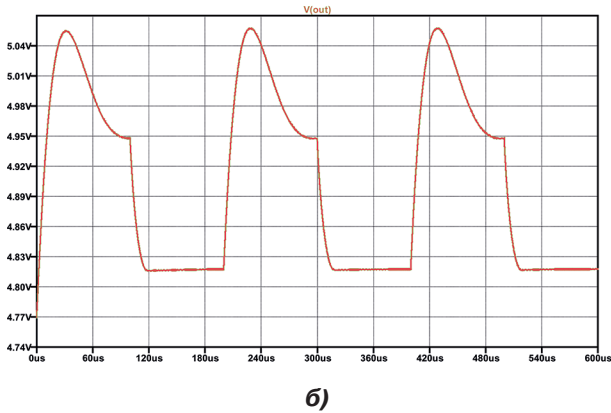
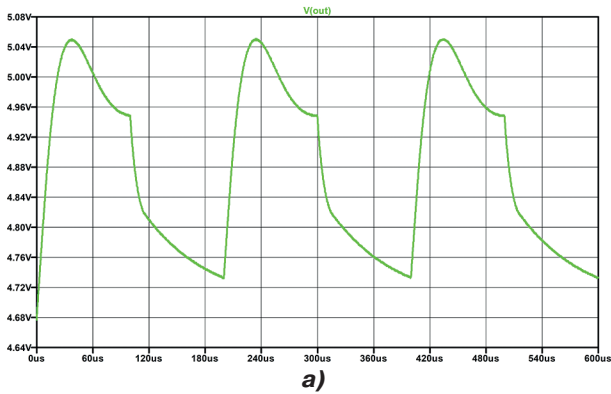


Рис. 3. Форма вихідного сигналу DC/DC-перетворювача LT8636 при частоті комутації ключів 1 МГц (а) та 3 МГц (б)

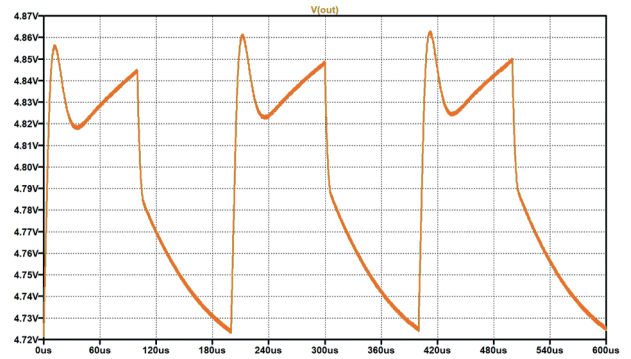
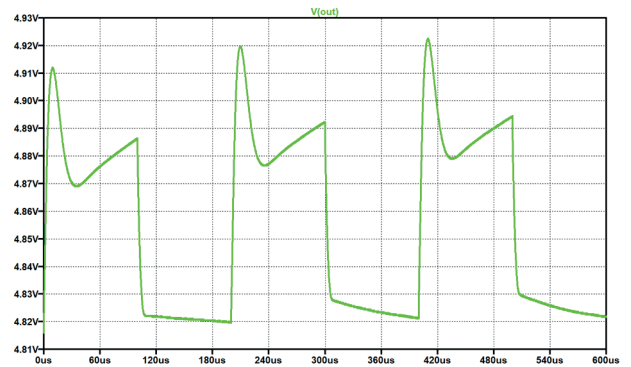


Рис. 4. Пульсації вихідної напруги при ємності конденсатора C5 рівній 300 пФ при частоті комутації ключів 1 МГц (червона крива) та 3 МГц

вача наведена на рис. 5.

Всі параметри аналогічні попередній моделі. Оезультати моделювання при двох значеннях ємності в

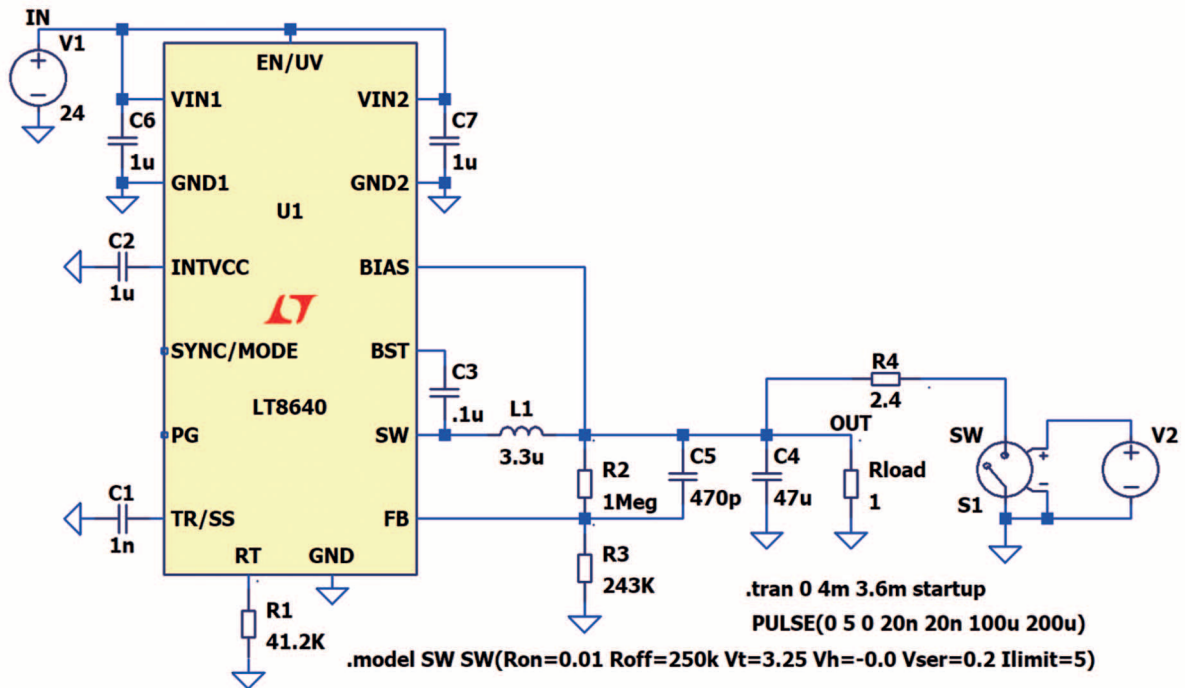


Рис. 5. Модель DC/DC-перетворювача з динамічним навантаженням на мікросхемі LT8640 Silent Switch

колі зворотного зв'язку наведені на рис. 6.

Як витікає з рис. 6 такий перетворювач нічим не

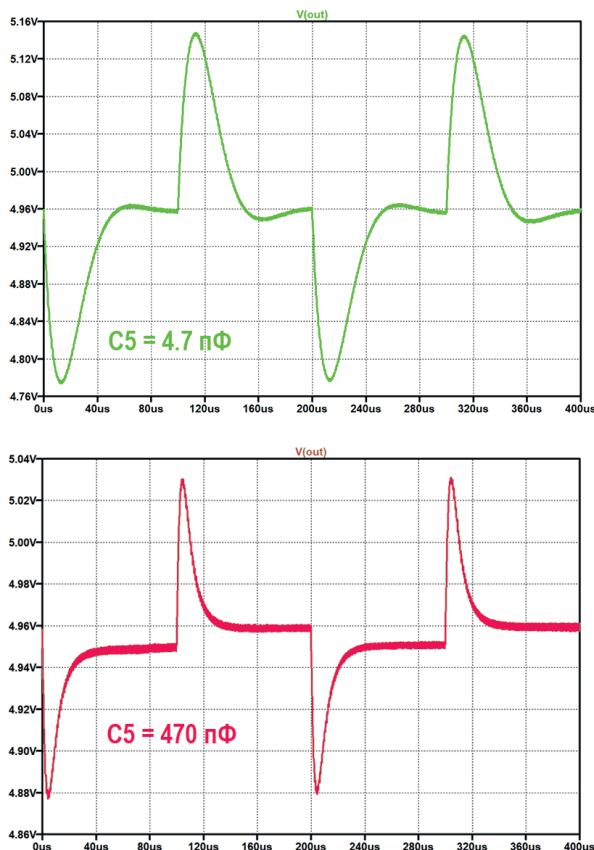


Рис. 6. Пульсації вихідної напруги при різних значеннях ємності конденсатора C5 при частоті комутації ключів 1 МГц

відрізняється від наведеного на рис. 2 і його характеристики набагато гірші від наведеного в [1] результату.

З проведених дослідів можна зробити висновок про те, що при використанні будь яких мікросхем треба перевіряти роботу таких пристроїв за допомогою моделювання або макетування. Може окремі мікросхеми і можуть формувати напругу з низьким рівнем пульсацій викликаних перехідними процесами при стрибкоподібних змінах струму навантаження. Отже майже завжди доведеться використовувати декілька LDO-регуляторів напруги на виході перетворювачів, розділяючи різні кола живлення.

На рис. 7 наведена модель в якій кола живлення розділені на дві груп і для живлення кола зі стрибкоподібною зміною струму використано LDO-регулятор LT3086 [4], який може працювати в діапазоні вхідної напруги від 1.4 до 40 В. Падіння напруги на регуляторі не перевищує 0.33 В, а максимальний вихідний струм регулюється в діапазоні від 0 до 2.1 А.

Струм на виході OUT2 стрибком змінюється на 1.55 А. Сигнали напруги на першому та другому виходах та струм через резистор R4 наведені на рис. 8.

Проведений дослід показав що напруга пульсацій на першому виході не перевищує ± 30 мВ, а на другому – ± 90 мВ. Тобто напруга пульсацій кіл живлення з постійним струмом стала у декілька разів менша ніж без використання LDO-регулятора.

ЛІТЕРАТУРА

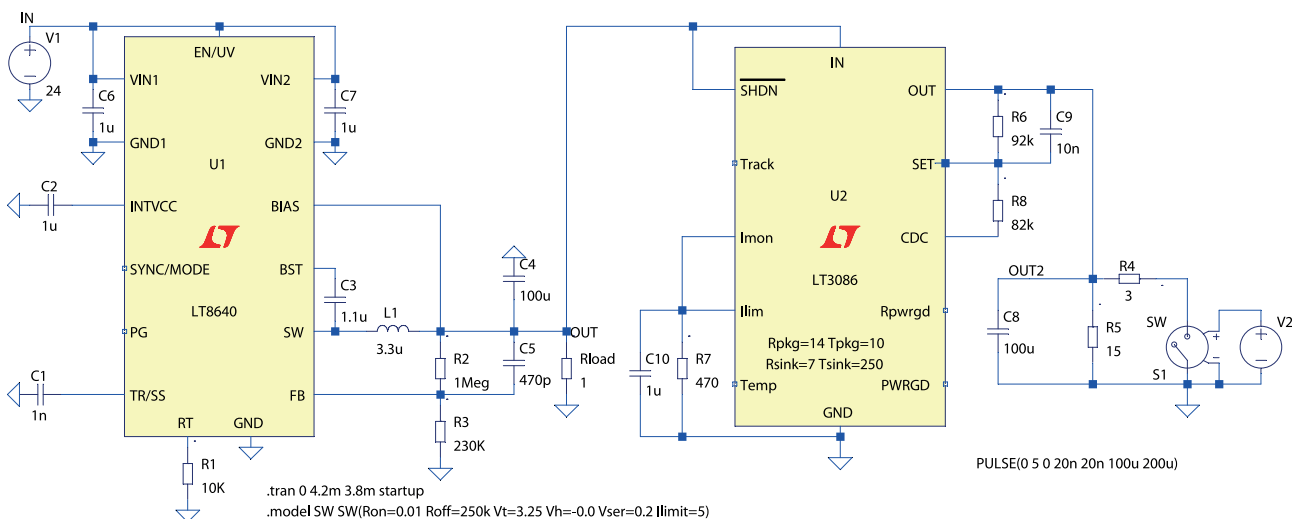


Рис. 7. Модель перетворювача з використанням LDO-регулятора на виході для зменшення пульсацій при стрибкоподібному зміні опору навантаження

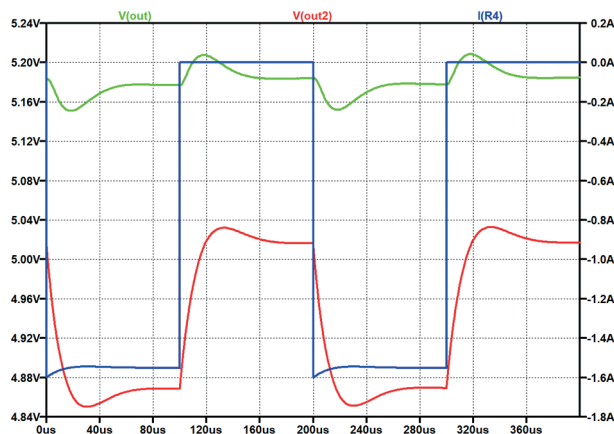


Рис. 8. Сигнали напруги на першому (Vout) та другому (Vout2) виходах та струм через резистор R4

1. Xinyu Liang How to Achieve Ultrafast Power Supply Transient Response for RF Applications / <https://www.analog.com/en/analog-dialogue/articles/how-to-achieve-ultra-fast-power-supply-transient-response-for-rf-applications.html>

2. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/lt8636-8637.pdf>

3. <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/lt8640a.pdf>

Імпульсні регулятори Ресом серій R78xx – наїефективніша заміна лінійних стабілізаторів

RECOM

- ККД до 96%, не потребують тепловідводів
- постійний вихідний струм від 0.5 до 2 А
- вхідна напруга від 4.5 до 42 В (в залежності від моделі)
- вихідна напруга 1.2... 15 В (в залежності від моделі)
- діапазон робочих температур від -40 до 70 °C
- захист від перегріву
- захист від короткого замикання на виході
- виводи для монтажу у отвори, гнучкі та жорсткі
- виводи на торці або з вигином на 90°
- ряд моделей для поверхневого монтажу
- сумісність по виводах з лінійними стабілізаторами у корпусі TO220
- позитивна і негативна вихідна напруга

VD MAIS

ДИСТРИБ'ЮЦІЯ +
КОНТРАКТНЕ
ВИРОБНИЦТВО

VD MAIS – офіційний дистриб'ютор компанії Recom в Україні
тел.: (044) 201-0202, info@vdmals.ua, www.vdmals.ua