

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

У статті наведені результати дослідження джерел живлення при їх роботі на навантаження що змінюється стрибком. Показано, що використання лінійних стабілізаторів напруги з шунтуючими регуляторами у якості джерела опорної напруги, у порівнянні з використанням LDO-регуляторів, дозволяє значно знизити залежність вихідної напруги від стрибків струму навантаження.

V. Макаренко

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

Abstract – The article presents the results of the study of power sources when they work on a load that changes with a jump. It is shown that the use of linear voltage stabilizers with shunt regulators as a reference voltage source, in comparison with the use of LDO regulators, allows to significantly reduce the dependence of the output voltage on load current jumps.

V. Makarenko

В прецизійних системах збору даних висувуються підвищені вимоги до параметрів джерела живлення. В [1] для прикладу наведені дані про середнє споживання струму АЦП ADS1261 в різних стаціонарних режимах роботи. Однак, ці виміряні значення струму не характеризують значення струму під час перехідних процесів, а саме, зміни режимів роботи, струм при включенні пристрою та струми елементів що працюють поряд з АЦП. Наприклад, при зміні режимів роботи підсилювачів, керованих напругою, або при включенні джерела опорної напруги. Струми в перехідних режимах можуть бути на порядки більшими, ніж струм споживання АЦП в стаціонарному режимі.

Однією з проблем перехідних струмів є те, що їх величина та тривалість можуть суттєво змінюватися в результаті робочих умов АЦП та навколишніх елементів. Тому в таблицях даних АЦП рідко вказуються перехідні струми. Однак можна виміряти перехідні струми для кожної конкретної конфігурації системи.

За нормальних робочих умов розв'язувальні конденсатори зберігають додатковий заряд для забезпечення додаткового струму під час перехідних процесів. Цей додатковий заряд допомагає підтримувати постійну напругу живлення, щоб вона не впливала на роботу АЦП. Однак конденсатори повинні бути заряджені до напруги живлення з незарядженого стану, коли система включається. Знеструмлені конденсатори поведуться як коротке замикання в момент увімкнення системи, що призводить до великого пускового струму. Величина пускового струму зростає зі збільшенням номіналу розв'язуваль-

ного конденсатора.

При встановленні розв'язувальних конденсаторів 10 і 0,1 мкФ між проводом живлення та загальним в перехідному процесі струм АЦП становив 45 мА (у 10 разів більше за струм споживання в стаціонарному режимі роботи), а струм заряду конденсаторів 250 мА. Цей процес значно збільшує час поки не встановиться стаціонарний режим роботи АЦП. Ще більшу тривалість перехідного процесу обумовлює конденсатор, включений між виходом джерела опорної напруги та загальним проводом.

Перехідні струми можуть спричинити такі проблеми, як падіння напруги, що може призвести до нестабільної роботи АЦП. Тому важливо проектувати джерела живлення з урахуванням як середнього, так і перехідного струму.

Розглянемо шляхи компенсації цього явища:

1. Використання регуляторів LDO (Low Dropout Regulators).

Використовувати LDO для живлення точних АЦП забезпечує низький рівень шуму та пульсацій, простоту реалізації. Найважливішою перевагою LDO є його здатність надійно підтримувати вихідну напругу під час перехідних процесів, одночасно забезпечуючи низький струм спокою.

2. Використання лінійних регуляторів. Лінійні регулятори зі стандартною напругою падіння також можуть бути хорошим варіантом, якщо вибір LDO є занадто дорогим. Лінійні регулятори можуть надійно підтримувати вихідну напругу під час перехідних процесів, одночасно забезпечуючи низький струм спокою, подібний до LDO. Проблема з лінійними ре-

гуляторами полягає в тому, що падіння напруги є значно вищим, що може вимагати спеціальних джерел напруги лише для живлення цих пристроїв. Лінійні регулятори також, як правило мають більші розміри корпусів, оскільки вони менш ефективні та повинні розсіювати більше тепла. Додаткове тепло може підвищити температуру закритої системи, що може сприяти помилкам дрейфу в точних системах.

3. Використання шунтуючих регуляторів. Одним з найбільш економічних варіантів електроживлення є використання шунтуючого регулятора. Економія коштів відбувається за рахунок додаткової складності, необхідної для розробки надійної схеми електропостачання. Як приклад, можна використовувати TLV431 – низьковольтний регульований шунтуючий регулятор для формування двополярної напруги $\pm 2,5$ В. Для цієї мети можна використовувати TLV431, оскільки він забезпечує значення вихідної напруги від 1.24 до 18 В. Однак одна з проблема використання цього регулятора полягає в тому, що максимальний струм через нього не перевищує 80 мА. Вихідний опір TLV431 не перевищує 0.25 Ом [2].

Для збільшення максимального вихідного струму можна використати лінійний стабілізатор на транзисторі в якому джерелом опорної напруги встановити TLV431. На рис. 1 наведена модель для



Рис. 2. Результати аналізу залежності вихідної напруги від температури

дослідження такого стабілізатора.

З рис. 1 випливає, що такий стабілізатор забезпечує напругу 2.5 В при струмі навантаження 250 мА. Власний струм споживання не перевищує 9.9 мА. Температурний аналіз в діапазоні температур від 0 до 70 °C показав, що відхилення вихідної напруги не перевищує 2.9 мВ (рис. 2).

Для аналізу динамічних властивостей такого стабілізатора призначена модель що наведена на рис. 3.

Імітація режиму включення здійснюється перемикачем S1, а стрибкоподібної зміни навантаження – перемикачем S2. Зміна опору навантаження у межах від 100 Ом до 9.09 Ом (паралельне з'єднання резисторів R3 та R4).

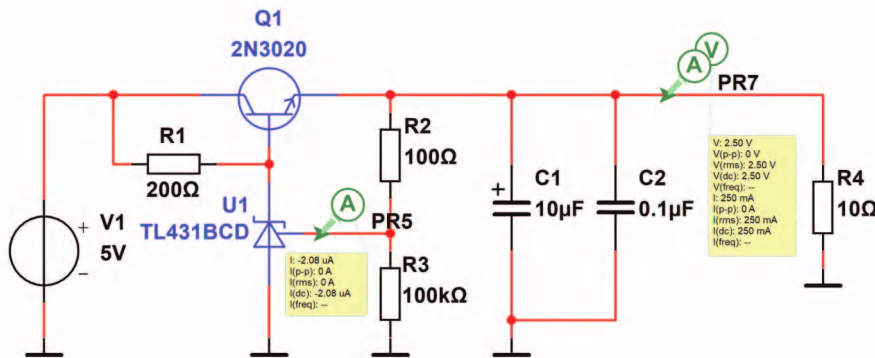


Рис. 1. Лінійний стабілізатор напруги з джерелом опорної напруги TLV431

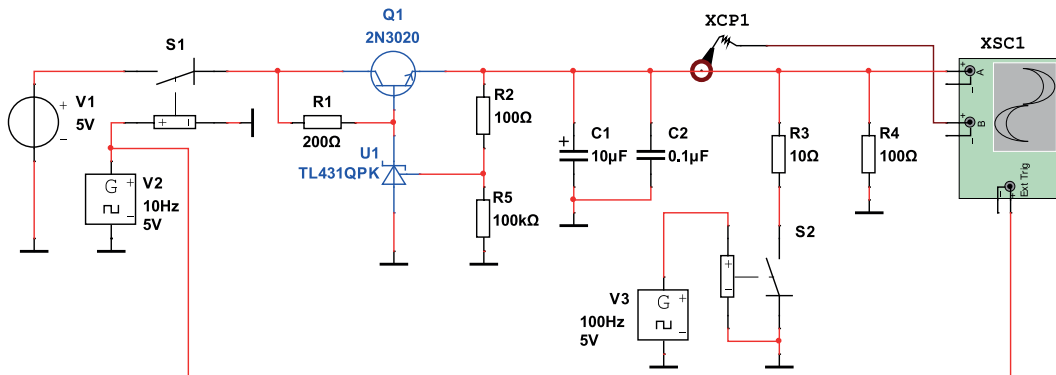


Рис. 3. Модель для дослідження динамічних характеристик лінійного регулятора

сторів з опором 100 та 10 Ом) призводить до зміни струму стрибком від 25 мА до 250 мА.

На рис. 4 наведені осцилограми вихідної напруги та струму. Чутливість пробника струму ХСП1 встановлена рівною 10 мВ/мА.

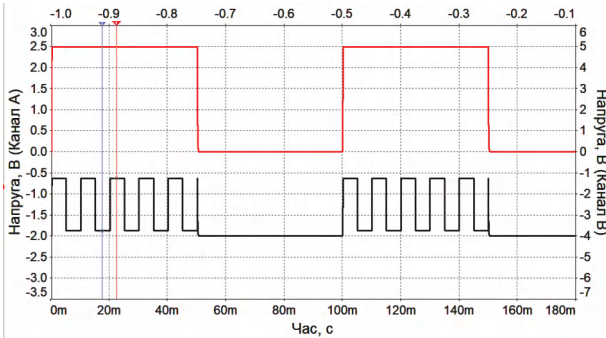


Рис. 4. Осцилограми вихідної напруги та струму при вмиканні і вимиканні живлення (червона крива) та струму у навантаженні (темна крива)

Значення вимірян у точках відмічених курсорами наведені на рис. 5.

	Channel A	Channel B
x1	22.2944m	22.2944m
y1	2.4959	2.7430
x2	17.3604m	17.3604m
y2	2.4962	249.6438m
dx	-4.9340m	-4.9340m
dy	248.2597μ	-2.4934
dy/dx	-50.3160m	505.3490
1/dx	-202.6749	-202.6749

Рис. 5. Значення вимірян напруги та струмів у точках відмічених курсорами на рис. 4

Рівень пульсації вихідної напруги при стрибкоподібній зміні напруги наведено на рис. 6. З рис. 6 випливає, що в момент комутації навантаження стрибки напруги не перевищують значення 1.6 мВ.

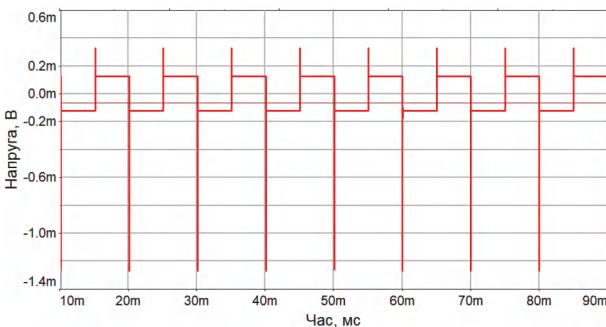


Рис. 6. Пульсації вихідної напруги при стрибкоподібній зміні вихідного струму

Багато це, чи достатньо? Для відповіді на це питання порівняємо характеристики LDO LM1117DT-2.5/NOPB з лінійним стабілізатором на рис. 3. Модель для дослідження LDO-стабілізатора наведена на рис. 7.

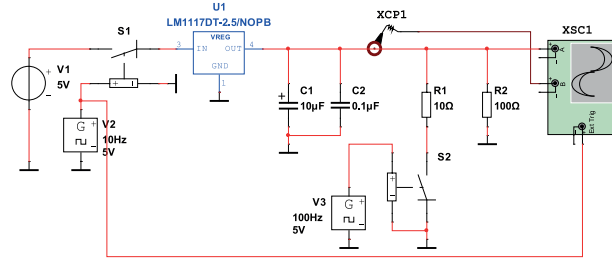


Рис. 7. Модель для дослідження LDO-стабілізатора

На рис. 8 наведені осцилограми вихідної напруги та струму для моделі на рис. 7.

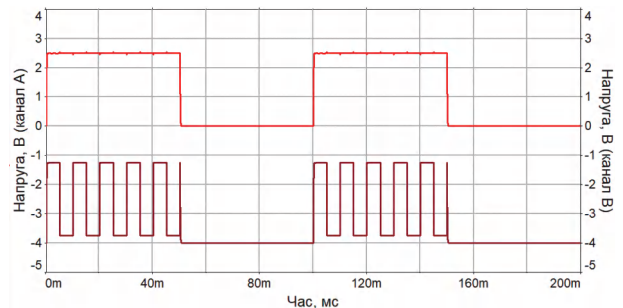


Рис. 8. Осцилограми вихідної напруги та струму LDO-стабілізатора при вмиканні і вимиканні живлення (червона крива) та струму у навантаженні (темна крива)

Пульсації вихідної напруги при стрибкоподібній зміні вихідного струму на виході LDO-стабілізатора наведені на рис. 9.

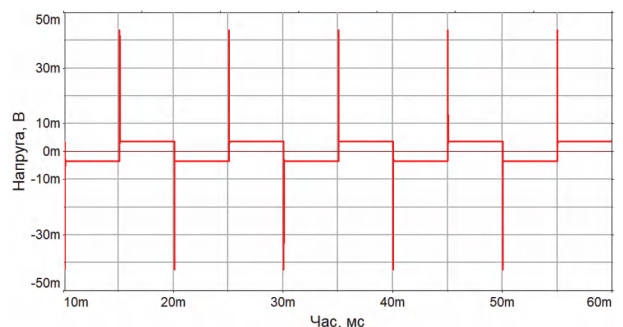


Рис. 9. Пульсації вихідної напруги при стрибкоподібній зміні вихідного струму на виході LDO-стабілізатора

Як впливає з рис. 9, рівень пульсації на виході LDO-стабілізатора складає приблизно 86 мВ, що у

54 рази більше ніж при використанні лінійного стабілізатора.

Негативна напруга з використанням TLV431 формується аналогічно позитивній (рис. 10).

Результат випробувань лінійного стабілізатора з використанням шунтуючого регулятора TLV431 свідчить про те що таке рішення має беззаперечні переваги перед LDO-стабілізатором.

ЛІТЕРАТУРА

1. Luke Allen, Bryan Lizon Powering precision ADCs: Average versus transient current /

https://www.ti.com/lit/an/slyt841/slyt841.pdf?ts=1718438560737&ref_url=https%253A%252F%252Fwww.google.com%252F

2. TLV431x Low-Voltage Adjustable Precision Shunt

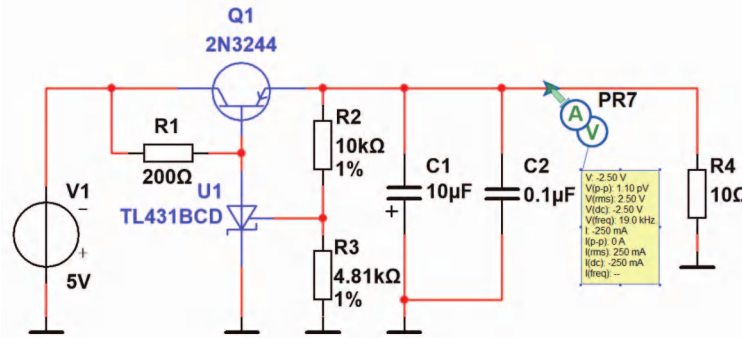


Рис. 10. Лінійний стабілізатор від'ємної напруги з джерелом опорної напруги TLV431



За мотивами картини
В.О. Тропініна
"Кружевниця"

[Від ремесла до мистецтва]

ДРУКОВАНІ ПЛАТИ

- проектування

Проектування друкованих плат у НВФ VD MAIS – це:

- багаторічний досвід конструювання і знання специфіки:
 - розробки електронних пристроїв
 - технології виробництва друкованих плат
 - різних систем проектування CAD-CAM (P-CAD, Mentor Graphics, CAM-350 и пр.)
- використання всіх можливостей виробника друкованих плат і контрактного виробництва VD MAIS

Системи екологічного менеджменту і менеджменту якості фірми сертифіковані на відповідність вимогам стандартів ISO 9001:2015, ISO 14001:2015, IATF 16949:2016 і ISO 13485:2016

VD MAIS
ДИСТРИБ'ЮЩА +
КОНТРАКТНЕ
ВИРОБНИЦТВО

тел.: (044) 201-0202, info@vdmais.ua, www.vdmais.ua

VD MAIS
PCB Professionally