

ШУМЫ В ЛИНЕЙНЫХ СТАБИЛИЗАТОРАХ. ЧАСТЬ 2: ПОДАВЛЕНИЕ ПУЛЬСАЦИЙ СЕТЕВОГО ИСТОЧНИКА В ЛИНЕЙНОМ СТАБИЛИЗАТОРЕ



Мы продолжаем серию публикаций, посвященных источникам шумов в линейных стабилизаторах и методам их уменьшения.

Каждому разработчику электроники знакома цепочка «применение в разработке современных прецизионных микросхем — повышение требований к параметрам питающего напряжения». Отсюда — устойчивый спрос на микросхемы линейных стабилизаторов, являющиеся промежуточным звеном между сетевым источником питания и нагрузкой. Отсюда же — повышенные требования к напряжению на их выходе.

- Что влияет на шум на выходе линейного стабилизатора?
- Как оценить подавление пульсаций сетевого источника питания?
- Какие технические решения применить для снижения уровня шумов?

В первой части (см. НЭ №4, 2006 г.) мы отметили основные источники шумов линейного стабилизатора и рассмотрели методы снижения уровня шумов. В данном материале мы рассмотрим, каким образом в LDO преобразуются пульсации, пришедшие с выхода сетевого источника питания [2].

ВВЕДЕНИЕ

Обобщенная структурная схема питания электронного устройства приведена на рисунке 1. Линейный стабилизатор является источником теплового, дробового и фликкер-шумов.

Основными источниками шумов линейного стабилизатора являются:

- источник опорного напряжения (ИОН);
- делитель напряжения R1R2;

- входной каскад операционного усилителя.

Основные методы снижения уровня шума на выходе LDO:

- выбрать малозумящий стабилизатор;
- использовать шумоподавляющий конденсатор большой емкости;
- выбрать малое сопротивление резисторов делителя в цепи обратной связи и подключить небольшой конденсатор параллельно верхнему резистору делителя.

Сетевой источник питания (AC/DC-преобразователь) является источником пульсаций и шумов, которые попадают на вход линейного стабилизатора и преобразуются в нем. Для количественной оценки этого преобразования используется такой параметр, как степень подавления пульсаций источника питания (power supply ripple rejection, PSRR). PSRR особенно важен в устройствах, работающих на радиочастотах (wireless).

Параметры и характеристики

Степень подавления пульсаций источника питания в линейном стабилизаторе измеряют в децибелах (дБ):

$$PSSR = 20 \log \frac{A_V}{A_{V0}}$$

где A_V — коэффициент передачи разомкнутой цепи обратной связи (ОС) линейного стабилизатора,

A_{V0} — коэффициент передачи «вход-выход» стабилизатора при разомкнутой цепи ОС. Упрощенная схема линейного стабилизатора с источниками шумов изобра-

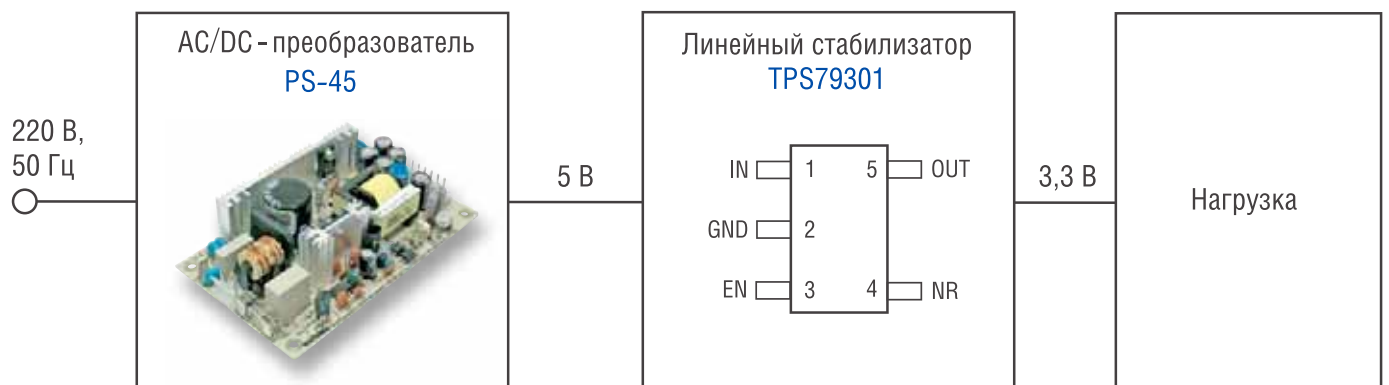


Рис. 1. Обобщенная схема питания электронного устройства

жена на рисунке 2. Из формулы видно, что для увеличения подавления шумов источника питания надо увеличивать коэффициент передачи разомкнутой цепи ОС стабилизатора и уменьшать коэффициент передачи с входа на выход. Обычно величина $A_{V_{O}}$ составляет $-(10...15)$ дБ.

Коэффициент передачи разомкнутой цепи ОС стабилизатора является основным фактором, влияющим на PSSR в ограниченной полосе частот. Стабилизаторы с хорошей PSSR обычно обладают большим коэффициентом передачи и высокой частотой единичного усиления. Однако при этих условиях трудно обеспечить стабильность петли обратной связи. Важно иметь высокую частоту единичного усиления, чтобы на относительно низких частотах не было снижения коэффициента передачи, что приводит к уменьшению PSSR.

Типовая зависимость PSSR от частоты приведена на рисунке 3. На графике имеются три различные области частот.

Область №1 от постоянного тока до частоты среза фильтра ИОН (внутренний резистор, внешний конденсатор Сподавл. шума). В этой области PSSR обеспечивается цепью ОС и источником опорного напряжения.

Область №2 простирается от частоты среза фильтра ИОН до частоты единичного усиления. В этой области PSSR определяется цепью обратной связи стабилизатора.

В области №3 (выше частоты единичного усиления) цепь обратной связи не оказывает существенного влияния на подавление пульсаций, в этой области частот преобладает влияние выходного конденсатора и паразитных элементов между входом и выходом стабилизатора. Способность драйвера затвора управлять параметрами проходного транзистора также влияет на PSSR в области №3. Если на выход стабилизатора подключить конденсатор большей емкости с меньшим эквивалентным последовательным сопротивлением ESR, это улучшит PSSR в области №3, но может уменьшить ее на других частотах. Увеличение емкости выходного конденсатора снижает частоту единичного усиления, приводя к уменьшению коэффициента передачи разомкнутой цепи ОС и снижению PSSR.

Факторы, влияющие на подавление пульсаций

Ток нагрузки

Рассмотрим факторы, влияющие на PSSR в области №2. Если возрастает ток нагрузки, выходное сопротивление стабилизатора уменьшается, и, соответственно, снижается коэффициент передачи стабилизатора. Увеличение тока нагрузки также перемещает полюс функции коэффициента передачи в область более высоких частот, что расширяет полосу пропускания замкнутой цепи ОС. Результатом увеличения тока нагрузки является умень-

шение степени подавления пульсаций на низких частотах из-за уменьшения коэффициента передачи и увеличения PSSR на высоких частотах.

Разница между $U_{вх}$ и $U_{вых}$

Разность значений постоянного напряжения между входом и выходом также влияет на коэффициент передачи замкнутой цепи ОС и, соответственно, на PSSR. Как только эта разность уменьшится до 1 В, внутренний проходной транзистор стабилизатора начинает переходить из области насыщения в линейный режим, что приводит к снижению коэффициента передачи по цепи ОС. Линия раздела между активным и линейным режимами пропорциональна квадратному корню из тока стока (тока нагрузки). Как только ток нагрузки увеличивается, разность напряжений между входом и выходом растет как функция квадратного корня тока нагрузки. Например, разность между $U_{вх}$ и $U_{вых}$ около 0,5 В при небольших токах нагрузки не оказывает отрицательного влияния на PSSR, поскольку проходной транзистор не требует большого запаса для того, чтобы оставаться в активном режиме и сохранять коэффициент передачи стабилизатора. При больших токах нагрузки эта разность в 0,5 В становится недостаточной, и транзистор может перейти в линейный режим, коэффициент передачи прибора снизится и степень подавления пульсаций уменьшится.

При выборе LDO по степени подавления пульсаций источника питания очень важно сравнивать стабилизаторы с одинаковой разностью между $U_{вх}$ и $U_{вых}$ и с одинаковым током нагрузки. Кроме того, следует сравнивать LDO с одинаковыми выходными напряжениями, поскольку при низких $U_{вых}$ PSSR обычно больше.

Очень важным узлом стабилизатора является ИОН. Любые пульсации и шумы, попадающие в ИОН извне, усиливаются и передаются на выход, поэтому очень важно иметь ИОН с большим PSSR.

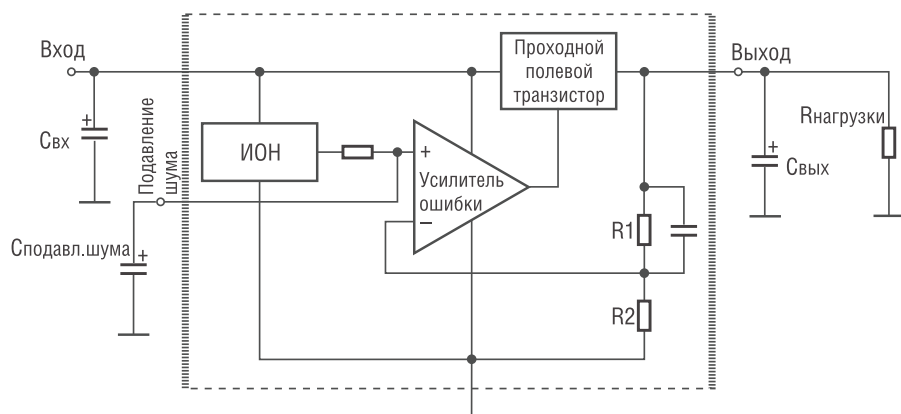


Рис. 2. Упрощенная структурная схема линейного стабилизатора

Обычно используют фильтр нижних частот, состоящий из встроенного резистора большого сопротивления и внешнего конденсатора. Влияние ФНЧ видно в области №1 на рисунке 3, где PSSR немного снижается из-за влияния ФНЧ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существует несколько путей обеспечения высокой степени подавления пульсаций сетевого источника питания (PSSR) в линейном стабилизаторе. Самое простое решение – уже на первом этапе разработки выбрать малошумящие LDO с высоким PSSR. Примером таких стабилизаторов могут служить серии TPS793/4/5/6xx или семейство TPS799xx с малым током потребления от компании Texas Instruments. Второй важный шаг состоит в выборе выходного конденсатора Свых. Это должен быть керамический конденсатор с малым эквивалентным последовательным сопротивлением ESR. Емкость конденсатора выбирается исходя из тех частот, на которых требуется обеспечить наибольший PSSR. И, наконец, следует уделить внимание тщательной разводке печатной платы с тем, чтобы в наибольшей степени предотвратить паразитную обратную связь с выхода на вход стабилизатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. John C. Teel. Understanding noise in linear regulators/ Application Journal, Q2 2005, Texas Instruments
2. John C. Teel. Understanding power supply ripple rejection in linear regulators/ Application Journal, Q2 2005, Texas Instruments
3. Gabriel A. Rincyn-Mora, Vishal Gupta. Power Supply Ripple Rejection and Linear Regulators: What's all the noise about?/ <http://www.powermanagementdesignline.com>

По вопросам получения технической информации, заказа образцов и поставки обращайтесь в компанию КОМПЭЛ.
E-mail: ac-dc-207@a.compel.ru.

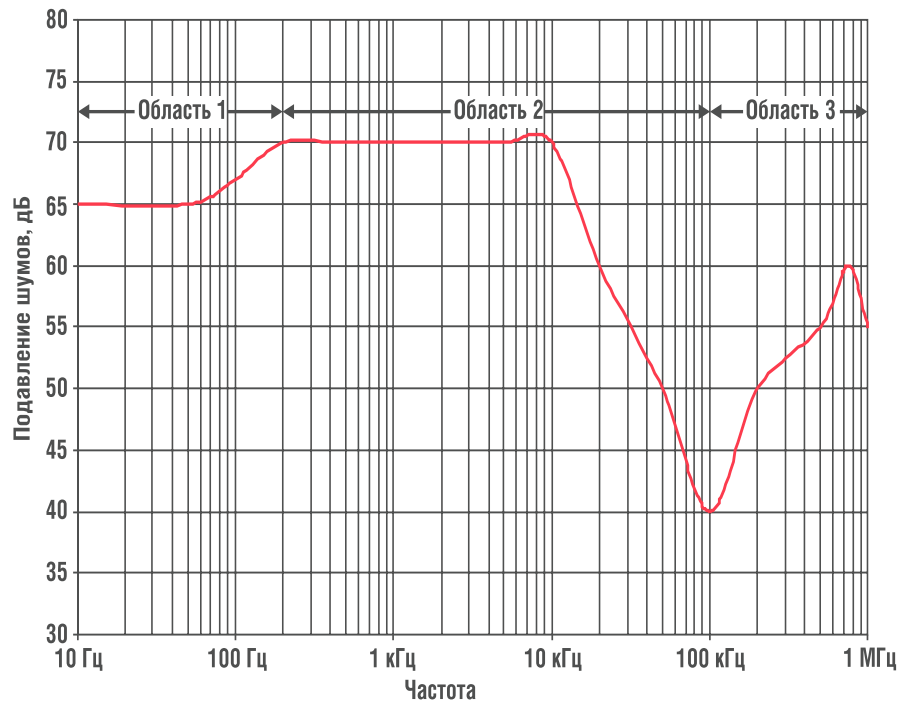


Рис. 3. Типовая зависимость PSSR от частоты

АЦП / ЦАП

ИС управления мощностью

Микроконтроллеры

Беспроводная продукция

Источники питания

Усилители и компараторы

Логические ИС

Датчики

Цифровые сигнальные процессоры

Technology for Innovators™

ЛИНЕЙНЫЕ СТАБИЛИЗАТОРЫ

Модель	Вых. мА	Особенности, тип корпуса
TPS769xx	100	$I_{out} = 17$ мА, бюджетное решение для $I_{out} < 100$ мА, SOT23
LP2981	100	U_{in} до 16 В, малое время переключения, SOT23
TPS731xx	150	C_{in}, C_{out} не нужны, точность 1%, $U_{in} = 1.7-5.5$ В, U_{out} по заказу (опция), SOT23
LP2985	150	Бюджетное решение для $I_{out} < 150$ мА, SOT23
TPS793xx	200	Замена LP2985, RF, Свч, C_{in}, C_{out} керамические, SOT23/WCSP
TPS799xx	200	Замена LP3985 с $I_{out} = 10$ мА, TSOT23/WCSP/SOP
TPS732xx	250	Без C_{in}, C_{out} , точность 1%, $U_{in} = 1.7-5.5$ В, U_{out} по заказу (опция), SOT23/DFN
TPS766xx	250	$I_{out} = 35$ мА, сигнал Power Good, бюджетное решение для $I_{out} < 250$ мА, SOIC8
TPS736xx	400	Без C_{in}, C_{out} , точность 1%, $U_{in} = 1.7-5.5$ В, U_{out} по заказу (опция), SOT23/DFN/SOT223
TPS776xx	500	Бюджетное решение для $I_{out} < 500$ мА, SOIC and PowerPAD TSSOP (PWP) package
TPS795xx	500	RF, C_{in}, C_{out} керамические, SOT223

Информация о применении и заказ образцов
powermn-102@a.compel.ru

Компэл
www.compel.ru