

LDO-СТАБИЛИЗАТОРЫ КОМПАНИИ DIODES INCORPORATED

АЛЕКСАНДР КОРАБЛЕВ, инженер

LDO-стабилизаторы напряжения – довольно распространенные компоненты, которые производит немало компаний. Стабилизаторы каждой компании имеют свои особенности. На наш взгляд, LDO-стабилизаторы от Diodes Incorporated являются лидерами по соотношению цена/характеристики.

В настоящее время практически каждый 32-бит микроконтроллер имеет в своем составе 12-бит АЦП, реже 14-бит АЦП последовательного приближения. Входная шкала этих АЦП, как правило, варьируется в пределах 2,048–2,5 В. Следовательно, величина младшего значащего разряда (МЗР) 12-бит АЦП находится в диапазоне 0,5–0,6 мВ, а 14-бит АЦП – в диапазоне 0,125–0,15 мВ. Эти значения и задают требования к построению сигнального тракта для приложений с использованием 12-бит АЦП.

Создание шины питания для таких приложений не является очень сложной задачей, но и тривиальной ее тоже не назовешь. Выходное напряжение DC/DC-преобразователей содержат высокочастотные шумы и пульсации, которые неизбежно через шину питания «пролезают» в сигнальные цепи и с учетом наложения частот при аналого-цифровом преобразовании могут превратиться в низкочастотную помеху.

Чтобы очистить шину питания от высокочастотных пульсаций, применяются линейные стабилизаторы напряжения с минимально допустимым падением напряжения на них – LDO-стабилизаторы. Они устанавливаются между выходом DC/DC-преобразователя и нагрузкой, как показано на рисунке 1. Их производят немало компаний. В этой статье мы рассмотрим изделия компании Diodes Incorporated. LDO-стабилизаторы этой компании находятся среди лидеров по показателю цена/характеристики. Поскольку в производственную линейку компании входят более 80 компонентов, невозможно рассмотреть все их подробно в рамках небольшого обзора. Мы перечислим только значения основных параметров в общем виде, не указывая их конкретный тип:

- диапазон входного напряжения: 2–40 В;
- регулируемое или фиксированное выходное напряжение: 0,8–5,0 В;
- выходной ток (макс.): 150–3000 мА;

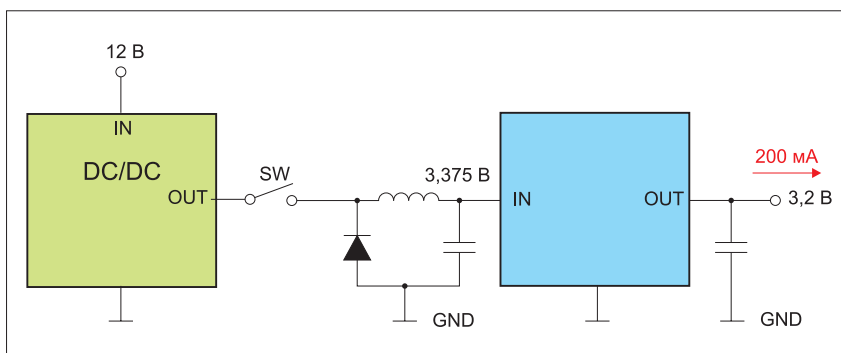


Рис. 1. LDO-стабилизатор устанавливается между выходом DC/DC-преобразователя и нагрузкой

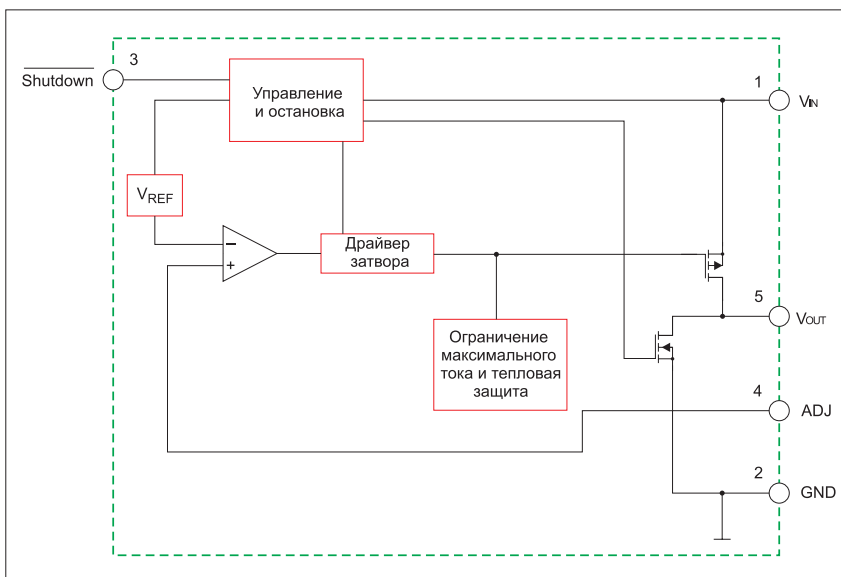


Рис. 2. Функциональная схема AP2127

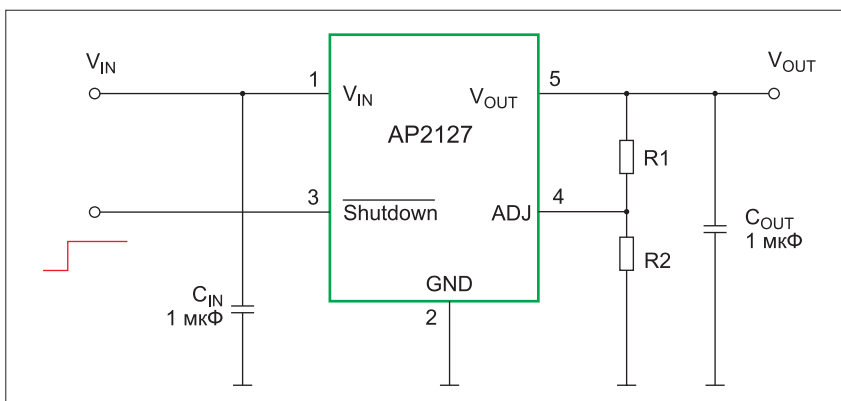


Рис. 3. Схема включения AP2127

- ток собственного потребления: 0,25–6000 мкА;
- ток потребления в режиме останова: 0,01–0,1 мкА;
- минимально допустимое падение напряжения: 0,055–1 В;
- диапазон рабочей температуры: –40...85 и –40...125°С.

Поскольку принцип функционирования LDO-стабилизаторов хорошо известен, мы не будем повторяться, а лишь приведем для примера функциональную схему одного из LDO-стабилизаторов, чтобы пояснить особенности этих компонентов компании Diodes Incorporated. На рисунке 2 показана функциональная схема AP2127, на рисунке 3 – схема включения этого стабилизатора. На обоих рисунках показана модификация с регулируемым напряжением. Если используется стабилизатор с фиксированным напряжением, резисторный делитель R_1 – R_2 , служащий для формирования напряжения обратной связи, устанавливается в корпус микросхемы. Пользователи не имеют к нему доступ.

Заметим, что использование модификации с регулируемым выходным напряжением предоставляет дополнительные возможности. На рисунке 4 показано, как с помощью конденсатора C_f вводится опережающая обратная связь по напряжению. При резком нарастании входного напряжения соответствующее нарастание выходного напряжения через конденсатор C_f , который шунтирует резистор R_1 , поступает на усилитель ошибки регулятора, и возникший сигнал рассогласования предотвращает дальнейший рост выходного напряжения. Другими словами, конденсатор C_f преобразует П-регулятор в ПД-регулятор.

LDO-стабилизаторы довольно просты в использовании, но для их корректного применения необходимо учесть ряд особенностей. LDO-стабилизаторы Diodes не предъявляют повышенных требований к выходному конденсатору C_{OUT} (см. рис. 3), но все же перед тем как его выбрать, следует убедиться, что эквивалентное последовательное сопротивление конденсатора (ESR) обеспечит стабильность регулирования. На рисунке 5 представлена зона безопасной работы стабилизатора AP2127 в функции ESR выходного конденсатора. Если производитель конденсатора не приводит значения ESR в документации, лучше выбрать другой конденсатор.

Одним из назначений LDO является уменьшение пульсаций напряжения на шине питания. Поскольку коэффициент PSRR ослабления пульсаций зависит от их частоты, следует обратить внимание при выборе стабилизатора на эти зависимости. На рисунках 6 и 7 показаны

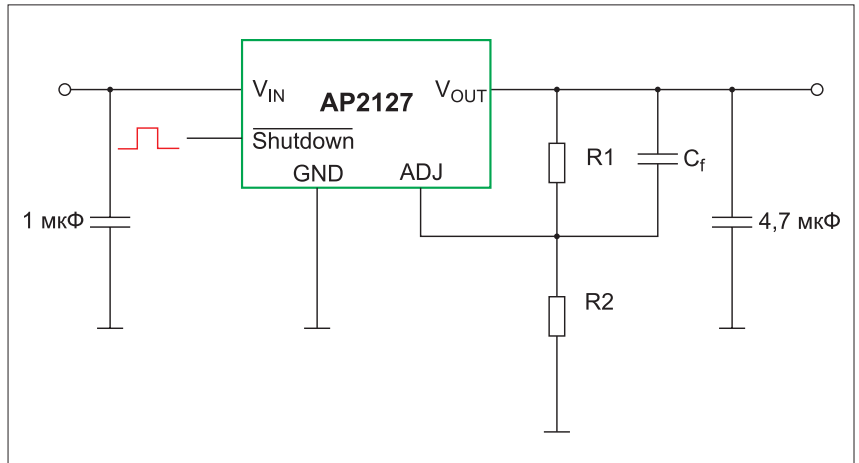


Рис. 4. Схема включения AP2127 с опережающей обратной связью по напряжению

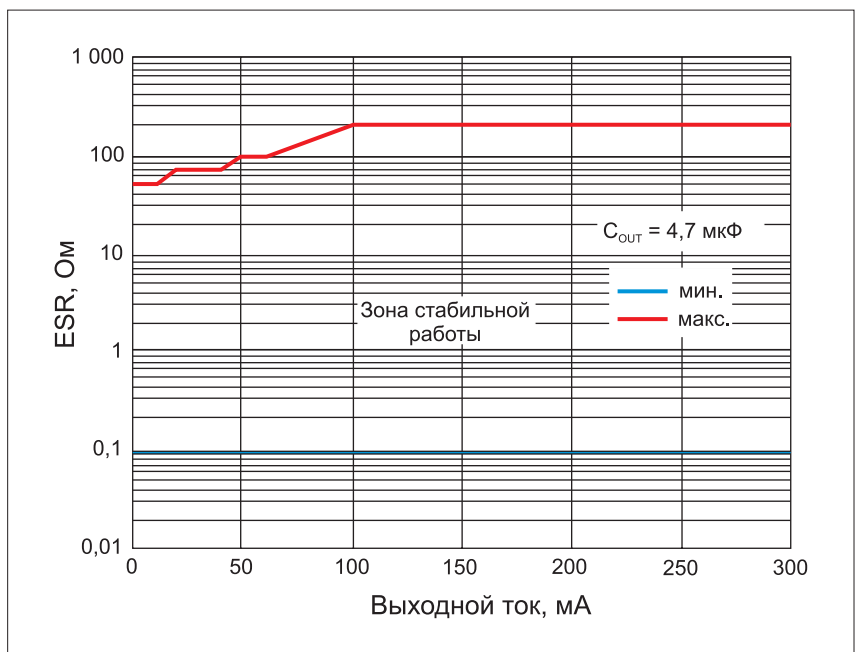


Рис. 5. Зона безопасной работы стабилизатора AP2127 в функции ESR выходного конденсатора

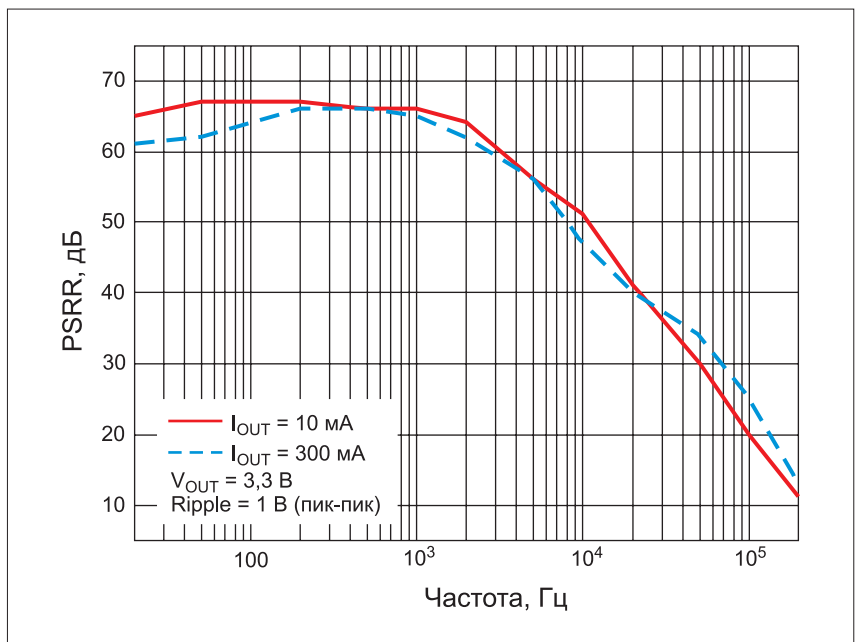


Рис. 6. Зависимости PSRR от частоты стабилизатора AP2127

Таблица. Основные параметры некоторых LDO-стабилизаторов компании Diodes Incorporated

Наименование регулятора	Входное напряжение, В	Выходной ток (макс.), мА	Шум в полосе 10 Гц...100 кГц	PSRR, дБ на частоте 1 кГц	Линейная регулировочная характеристика	Нагрузочная регулировочная характеристика	Ток потребления в режиме останова, мкА	Тип проходного транзистора	Корпус
AP2114	2,5–6	1000	30 мкВ (СКЗ)	68	0,02% · V	0,2%	60*	pMOS	SOT-223, TO-252-2, TO-252-2, TO-252-2, TO-263-3, SOIC-8, PSOP-8
AP2120	2–6	100	15 мкВ (СКЗ)	65	4 мВ	12 мВ	60*	pMOS	SOT-23, SOT-89, TO-92
AP2125	до 6	300	50 мкВ (СКЗ)	70	1 мВ	6 мВ	0,01	pMOS	SOT-23-3, SOT-23-5
AP2127	2,5–6	300	60 мкВ (СКЗ)	68	0,5 мВ	4 мВ	0,1	pMOS	SOT-23-3, SOT-23-5, SOT-89
AP2202	2,5–13,2	150	260 нВ/√Гц	75 при 100 Гц	0,004% · V	0,02%	0,01	биполярный p-n-p	SOT-23-5, SOT-89
AP2204	2,6–24	200	30 мкВ	60	0,05%	0,5%	0,01	биполярный p-n-p	SOT-23-5, SOT-89, PSOP-8
AP7313	2–6	150	нет данных	65 при 100 Гц	0,01% · V	±0,6%	65*	pMOS	SOT-23, SOT-23R

* Ток собственного потребления.

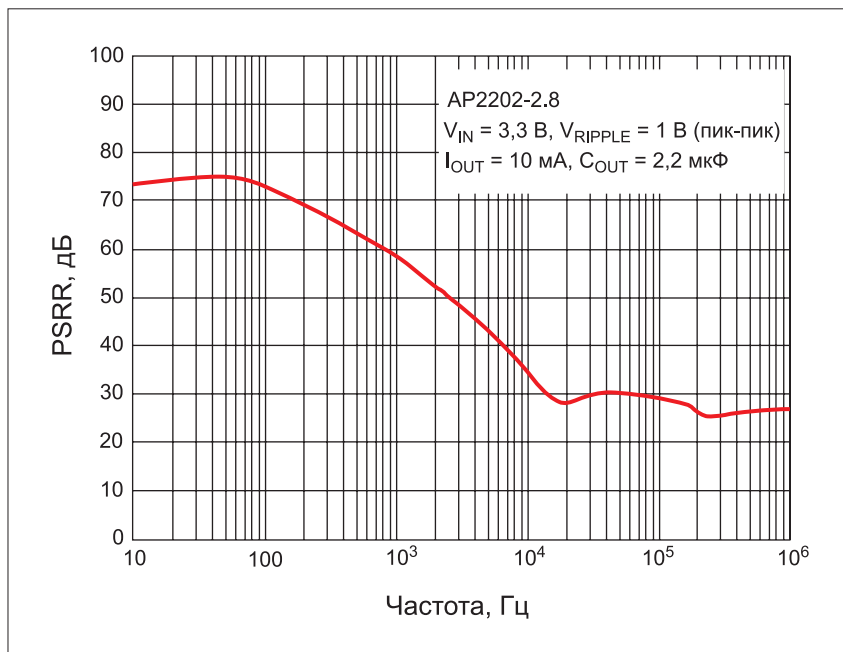


Рис. 7. Зависимости PSRR от частоты стабилизатора AP2202

зависимости PSRR от частоты стабилизаторов AP2127 и AP2202, соответственно. Как видно из этих рисунков, в диапазоне частот примерно до 80 кГц стабилизатор AP2202 выигрывает у AP2127, а при более высоких частотах выигрывает уже не стороне AP2127.

Чтобы пользователи смогли оценить стабилизаторы, выпускаемые Diodes Incorporated, мы приведем сводную таблицу с их основными параметрами для некоторых типичных представителей производственной линейки компании. Как видно из таблицы, выбор достаточно велик для приложений с 12- и даже 14-бит АЦП. Возможность переключить стабилизатор в режим пониженного энергопотребления с током

0,01 мкА позволяет использовать стабилизаторы AP2125, AP2202 и AP2204 в приложениях с батарейным питанием.

Обратим внимание на сбалансированность параметров инженерной лаконичности разработки. В LDO предусмотрены все необходимые функции (защита по току, тепловая защита, режим пониженного энергопотребления), и нет ничего лишнего. Подобный подход позволяет максимально снизить стоимость регуляторов, но при этом обеспечить очень хорошие параметры для рассматриваемых приложений с 12- и 14-бит АЦП.

Например, в качестве проходного ключа используются только p-канальные полевые транзисторы,

хотя сопротивление канала у них выше, чем у n-канальных аналогов. Дело в том, что напряжение затвора p-канального транзистора должно быть меньше напряжения истока, что всегда выполняется, т. к. входное напряжение это и есть напряжение истока. При использовании в качестве проходного элемента n-канального транзистора напряжение затвора должно быть больше напряжения истока. Для реализации этого решения в кристалл стабилизатора придется дополнительно встроить зарядовый насос, что увеличит стоимость устройства. По этой причине в компании отказались от такой идеи.

Глядя на таблицу с параметрами, можно сказать, что есть стабилизаторы с лучшими параметрами. Например, можно использовать LDO-регулятор LT3042 компании Analog Devices с шумом 0,8 мкВ (СКЗ) в диапазоне 10 Гц...100 кГц, PSRR = 70 дБ на частоте 1 МГц. Отличный регулятор, очень хорошо подойдет для приложения, где величина входного сигнала составляет не более нескольких микровольт. Но для приложений, о которых идет речь в нашей статье, его использование бессмысленно. И 12-, и 14-бит АЦП не «увидят» разницу между этим регулятором и любым другим LDO из приведенной выше таблицы и точность измерения не повысится.

Зато ваш заказчик эту разницу почувствует – вместо LDO-стабилизатора стоимостью 7–10 центов ему придется оплатить счет за LDO-регулятор стоимостью 10 долларов, что в 100 раз больше, но при этом параметры системы не улучшатся! Как вы думаете, что он вам скажет и станет ли к вам обращаться следующий раз? ☹