

Модули питания LMZ142xxH с повышенным выходным напряжением

Дмитрий ИВАНОВ,
к. т. н.
di@efo.ru

Статья продолжает цикл публикаций, посвященных интегральным импульсным стабилизированным модулям питания компании National Semiconductor. В данном случае рассматривается новое семейство микросхем — LMZ142xxH.

Введение

В 2010 году в программе поставок компании National Semiconductor появились интегральные импульсные стабилизаторы напряжения со встроенной экранированной катушкой индуктивности, получившие название Simple Switcher Power Modules LMZ Series — модули питания серии LMZ [1]. Журнал «Компоненты и технологии» уже опубликовал серию статей, в которых был сделан обзор серии LMZ и подробно рассмотрены семейства микросхем LMZ105xx [2], LMZ120xx и LMZ142xx [3], а также микросхемы серии LMZ-EXT, предназначенные для экстремальных условий эксплуатации [4]. В этой статье мы познакомим читателей с новым семейством LMZ142xxH модулей питания с повышенным (до 30 В) выходным напряжением.

Общая характеристика семейства LMZ142xxH

Модули питания семейства LMZ142xxH — это импульсные понижающие стабилизаторы напряжения с синхронным управлением силовыми ключами. Стабилизация выходного напряжения осуществляется методом Constant On Time, в основе которого лежит постоянное (при постоянном входном напряжении) время включения «главного» силового ключа, соединяющего вход V_{IN} модуля с катушкой индуктивности (рис. 1).

В состав семейства LMZ142xxH входят 3 модуля питания, которые отличаются друг от друга только одним параметром — максимальным выходным током (таблица). Все микросхемы выпускаются в одинаковых корпусах, имеют одинаковую цоколевку и полностью взаимозаменяемы внутри семейства при условии, что ток нагрузки не превышает предельно допустимого значения.

По принципу действия и конструкции, а также по некоторым электрическим параметрам (таблица) модули питания семейства LMZ142xxH идентичны соответствующим

(с таким же максимальным выходным током) представителям семейства LMZ142xx [3]. Главное отличие этих семейств заключается в том, что модули питания LMZ142xxH имеют другие пределы регулировки выходного напряжения: от 5 до 30 В. Кроме того, у LMZ142xxH минимальная частота коммутации равна 200 кГц.

У модулей питания семейства LMZ142xx выходное напряжение регулируется в пределах от 0,8 до 6 В, а частота коммутации — от 100 до 1000 кГц [3].

Таким образом, микросхемы LMZ142xxH взаимозаменяемы с LMZ142xx в тех приложениях, где выходное напряжение лежит в пределах от 5 до 6 В.

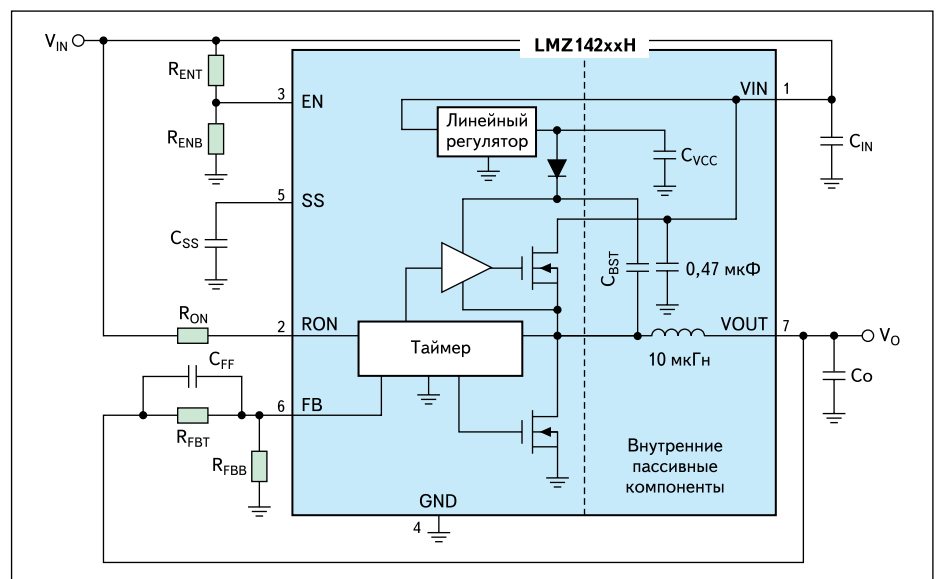


Рис. 1. Функциональная схема источника питания на базе микросхемы LMZ142xxH

Таблица. Основные параметры модулей питания LMZ142xxH

Параметр	Базовое наименование микросхемы		
	LMZ14201H	LMZ14202H	LMZ14203H
Выходной ток (max), А	1	2	3
Входное напряжение, В	6–42	6–42	6–42
Выходное напряжение, В	5–30	5–30	5–30
Частота коммутации, кГц	200–1000	200–1000	200–1000
КПД (max), %	97	97	97
Встроенная катушка индуктивности	Да	Да	Да
Режим Soft Start	Да	Да	Да
Управляющий вход Precision Enable	Да	Да	Да
Рабочий температурный диапазон (Tj), °С	–40...+125	–40...+125	–40...+125
Корпус	TO-PMOD-7	TO-PMOD-7	TO-PMOD-7
Тепловое сопротивление между кристаллом и окружающей средой, °С/Вт	16	16	16

Проектирование источника питания на базе микросхемы LMZ142xxH

Для создания источника питания на базе микросхемы семейства LMZ142xxH требуются только 7 внешних пассивных компонентов: 3 резистора (R_{FBT} , R_{FBB} , R_{ON}) и 4 конденсатора (рис. 1). Показанные на схеме резисторы R_{ENT} и R_{ENB} не являются необходимыми, хотя они также играют важную роль, о которой будет сказано ниже.

Принцип работы импульсного стабилизатора напряжения заключается в том, что напряжение, поступающее на вход FB микросхемы, сравнивается с внутренним образцовым напряжением V_{REF} , номинальное значение которого равно 0,8 В, и в тот момент, когда напряжение на входе FB становится меньше образцового, запускается On Time цикл: блок Timer формирует интервал времени, в течение которого главный силовой ключ находится в открытом состоянии. По окончании этого интервала времени главный силовой ключ закрывается, и открывается второй (синхронный) силовой ключ, соединяющий катушку индуктивности с шиной «земля». Интервал времени, в течение которого главный силовой ключ закрыт, называется Off Time.

Длительность On Time цикла пропорциональна сопротивлению резистора R_{ON} и обратно пропорциональна входному напряжению V_{IN} . При постоянном входном напряжении длительность On Time цикла тоже постоянна, поэтому метод стабилизации, лежащий в основе работы модулей питания серии LMZ, называется Constant On Time. Более подробно об этом методе можно прочитать в статье [3].

Алгоритм работы синхронного ключа зависит от тока нагрузки. При относительно большом токе нагрузки, когда за время Off Time ток в катушке индуктивности не успевает снизиться до нуля, импульсный стабилизатор напряжения работает в режиме непрерывной проводимости — Continuous Conduction Mode (CCM). В этом режиме главный и синхронный ключи переключаются в противофазе, а частота F_{SW} коммутации ключей практически постоянна и определяется следующим приближенным выражением:

$$F_{SW} \approx V_O / (1,3 \times 10^{-10} \times R_{ON}), \quad (1)$$

где V_O — выходное напряжение.

Из формулы (1) следует, что в режиме CCM частота коммутации ключей зависит только от сопротивления резистора R_{ON} .

При низком токе нагрузки стабилизатор переходит в режим дискретной проводимости — Discontinuous Conduction Mode (DCM), в котором существует интервал времени, когда оба силовых ключа находятся в разомкнутом состоянии, ток через катушку индуктивности не протекает, а в нагрузку поступает только

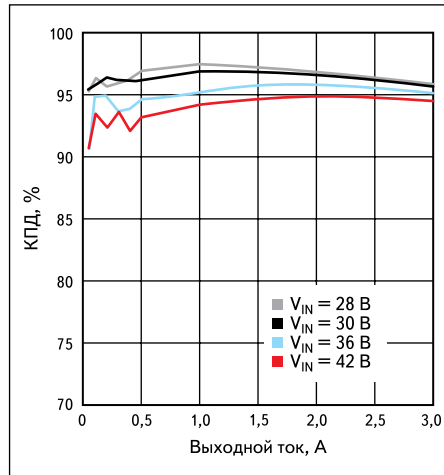


Рис. 2. Зависимость КПД модуля питания LMZ14203H от выходного тока при $V_O = 24$ В и температуре окружающей среды $+25$ °С

ата энергия, которая была запасена в выходном конденсаторе C_O . В режиме DCM частота коммутации ниже, чем в режиме CCM, и зависит от тока нагрузки. Благодаря тому, что при переходе в режим DCM снижаются потери энергии на коммутацию и потери на активном сопротивлении катушки индуктивности, КПД модулей питания LMZ142xxH сохраняет достаточно высокие значения в области малых токов нагрузки (рис. 2).

Резисторы обратной связи R_{FBT} и R_{FBB} служат для регулировки выходного напряжения V_O , которое определяется следующим выражением:

$$V_O = V_{REF} (1 + R_{FBT}/R_{FBB}), \quad (2)$$

где V_{REF} — внутреннее образцовое напряжение. Номинальные значения резисторов рекомендуется выбирать в пределах от 1 до 50 кОм.

Конденсатор C_{SS} , подключенный к входу SS модуля питания (рис. 1), предназначен для программирования режима Soft Start («мягкий» старт), благодаря которому снижается бросок входного тока и исключается перерегулирование при включении модуля. Емкость этого конденсатора можно рассчитать по следующей формуле:

$$C_{SS} = T_{SS} \times I_{SS} / V_{REF}, \quad (3)$$

где C_{SS} — емкость конденсатора C_{SS} , Ф; T_{SS} — время «мягкого» старта, с; $I_{SS} = 8 \times 10^{-6}$ — ток заряда конденсатора C_{SS} от внутреннего источника тока, А; $V_{REF} = 0,8$ — напряжение внутреннего образцового источника, В.

Расчет показывает, что для того, чтобы выходное напряжение достигало своего установленного значения через 0,5 мс после включения модуля питания, емкость конденсатора C_{SS} должна быть равна 5 нФ.

С помощью резисторов R_{ENT} и R_{ENB} программируется блокировка модуля питания

при пониженном входном напряжении (Under Voltage Lockout, UVLO). Делитель напряжения, построенный на резисторах R_{ENT} и R_{ENB} , позволяет задать порог входного напряжения $V_{IN-ENABLE}$ ниже которого модуль питания будет находиться в выключенном состоянии.

Программирование UVLO возможно благодаря тому, что модули питания имеют нормированные пороги включения и отключения по управляющему входу EN (Enable). Типовое значение порога включения модуля питания при нарастании напряжения на входе EN равно 1,18 В. Таким образом, если сопротивления резисторов R_{ENT} и R_{ENB} будут удовлетворять соотношению:

$$R_{ENT}/R_{ENB} = (V_{IN-ENABLE}/1,18) - 1, \quad (4)$$

то до тех пор, пока уровень входного напряжения будет ниже, чем $V_{IN-ENABLE}$, модуль питания будет находиться в выключенном состоянии.

Типовое значение порога отключения модуля питания при снижении напряжения на входе EN равно 1,09 В (на 90 мВ ниже порога включения), поэтому отключение модуля произойдет тогда, когда выходное напряжение упадет ниже уровня $V_{IN-DISABLE}$ определяемого следующим равенством:

$$V_{IN-DISABLE} = 1,09(R_{ENT} + R_{ENB})/R_{ENB} \quad (5)$$

Программируемая блокировка при пониженном входном напряжении часто используется в системах с батарейным питанием для того, чтобы избежать глубокого разряда батарей. Эта функция также может быть полезна, когда требуется обеспечить заданную последовательность выдачи питающих напряжений.

В тех приложениях, где модуль питания постоянно находится во включенном состоянии, резисторы R_{ENT} и R_{ENB} могут отсутствовать, так как в микросхеме есть внутренний резистор, подтягивающий вход EN к шине V_{IN} . И все же, даже когда нет необходимости в делителе напряжения на входе EN, этот делитель рекомендуется использовать для того, чтобы подавать разрешающее напряжение на вход EN в тот момент, когда входное напряжение V_{IN} достигает уровня, близкого к номинальному значению. Это гарантирует плавный запуск модуля питания и предотвращает перегрузку источника входного напряжения.

Для улучшения переходной характеристики источника питания параллельно с резистором R_{FBT} подключается керамический конденсатор C_{FF} емкостью 22 нФ.

Для расчета параметров конденсаторов C_{IN} и C_O есть два пути: можно сделать все расчеты вручную, следуя рекомендациям, которые есть в техническом описании любой из микросхем семейства LMZ142xxH [1], или прибегнуть к помощи системы проектирования WEBENCH Power Designer (далее —



Рис. 4. Вид рабочего экрана после завершения расчетов



Рис. 5. Перечень электронных компонентов



Рис. 3. Окно запуска системы проектирования WEBENCH Power Designer

WEBENCH) [5]. Не только начинающим, но даже тем разработчикам, которые имеют опыт проектирования импульсных источников питания, автор рекомендует второй вариант, поскольку система WEBENCH не только сокращает затраты времени на проектирование, но и позволяет избежать возможных ошибок.

WEBENCH — это on-line система, для запуска которой нужно зайти на интернет-сайт компании National Semiconductor, а затем открыть страницу, посвященную выбранной

микросхеме, например LMZ14203H. Вид окна запуска показан на рис. 3.

В окне запуска разработчик должен занести исходные данные (пределы изменения входного напряжения, выходное напряжение, максимальный выходной ток и температуру окружающей среды), а затем кликнуть по надписи Start Design. Система WEBENCH загружается, автоматически выполняет все необходимые расчеты и выводит на экран общую информацию о проекте (рис. 4). В верхней части экрана находится главное меню, с помощью которого можно получить более детальную информацию о проекте, например полный перечень электронных компонентов, необходимых для изготовления спроектированного источника питания (рис. 5). Для каждого электронного компонента указывается его позиционное обозначение на принципиальной схеме, фирма-производитель, полное наименование компонента по документации производителя, количество одинаковых компонентов в составе источника питания, бюджетная цена компонента, ключевые параметры, площадь, занимаемая компонентом на печатной плате, и внешний вид (сверху). Если кликнуть по надписи «Выберите другую деталь», на экран выводится список альтернативных компонентов.

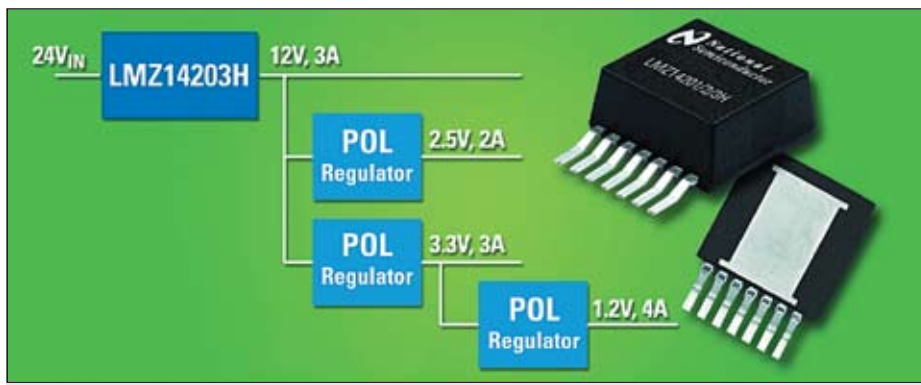


Рис. 6. Блок-схема источника питания с промежуточной шиной 12 В

Более подробно главное меню системы WEBENCH описано в статье [5].

В 2011 году система WEBENCH Power Designer получила русскоязычный интерфейс, что сделало ее еще более удобной для российских разработчиков электронной аппаратуры на базе интегральных микросхем компании National Semiconductor.

Заключение

Мы познакомились с интегральными модулями питания LMZ14xxH, выпущенными компанией National Semiconductor в январе 2011 года. По сравнению с другими семействами микросхем серии LMZ новые модули питания имеют более высокое выходное напряжение, благодаря чему их можно применять в системах электропитания с промежуточными шинами 12 и 24 В (рис. 6).

Все микросхемы нового семейства поддерживаются системой проектирования WEBENCH Power Designer, которая позволяет сделать процесс проектирования импульсного источника питания максимально простым, быстрым и надежным.

Литература

1. Справочно-информационный портал компании National Semiconductor. Продукция Simple Switcher Power Modules — http://www.national.com/analog/power/simple_switcher_power_modules
2. Иванов Д. Модули питания Simple Switcher // Компоненты и технологии. 2010. № 5.
3. Иванов Д. Модули питания LMZ120xx и LMZ142xx // Компоненты и технологии. 2010. № 6.
4. Иванов Д. Модули питания Simple Switcher EXT для экстремальных условий эксплуатации // Компоненты и технологии. 2010. № 10.
5. Иванов Д. Как спроектировать источник питания для FPGA за несколько минут // Компоненты и технологии. 2010. № 12.