

Новые ультратонкие преобразователи DC/DC компании GE

и некоторые особенности работы с ними

Николай ГРУНИН

В современных условиях требуется все большая плотность упаковки составных частей силового модуля, а также минимизация площади, занимаемой им на плате. Такие условия диктуют потребность в оптимизации затрат и повышении конкурентоспособности выпускаемой продукции. Иными словами, системы становятся технологичнее и производительней, и силовые модули «не имеют права» отставать от технического прогресса и даже более: они обязаны как минимум на шаг опережать требования, предъявляемые к питанию.

Компания General Electric (GE) выпустила линейку тонких миниатюрных преобразователей SlimLynx, которые являются цельными самодостаточными модулями питания. DC/DC-преобразователи толщиной всего 2,8 мм умещаются в компактной упаковке по стандарту DOSA Pico — 12×12 мм. Модули монтируются бессвинцовой пайкой и способны выдерживать высокую температуру.

Ожидается, что модуль SlimLynx позволит инженерам построить питание с цифровым (PMBus) или аналоговым управлением там, где место на плате, высота и воздушное охлаждение экстремально ограничены. Преобразователь создан специально для работы на нижней стороне платы, в мезонинных структурах (рис. 1), в вертикальных дочерних платах и ультратонких применениях. При использовании ранее незадействованных участков это увеличивает общую эффективность платы, позволяя повысить

вычислительную мощность и функциональность. Области применения модуля — центры обработки данных, проводная и беспроводная телекоммуникация, сети, серверы и системы хранения данных, промышленность, медицина, военная индустрия.

Особенности модуля SlimLynx

В большинстве случаев в существующих решениях по питанию можно наблюдать следующую картину. Есть преобразователи, но они слишком громоздкие. Есть тонкие, но они предлагают ограниченную или минимальную функциональность. Существуют и третьи, которые предлагают ограниченную производительность при высокой температуре без воздушного охлаждения. Некоторые преобразователи предоставляют широкие возможности, но они доступны только в версиях, содержащих свинец. А есть преобразователи, которые

вроде бы по всем параметрам подходят, но выпускаются в нестандартном формате и с нестандартными разъемами, что сильно увеличивает время выхода продукта на рынок и повышает риски.

Преобразователь SlimLynx, по утверждению разработчиков, лишен подобных недостатков и является бескомпромиссным решением, работающим эффективно во всем температурном диапазоне.

Параметры

Основные технические характеристики модуля SlimLynx:

- габариты: 12,2×12,2×2,8 мм;
- диапазон входного напряжения: $U_{вх} = 3-14,4$ В DC;
- программируемое выходное напряжение: $U_{вых} = 0,45-5,5$ В DC;
- ток: 6/12 А;
- гибкое регулирование выходной последовательности напряжений EZ-Sequence;
- функция Tunable Loop для оптимизации динамического отклика на выходное напряжение;
- удаленный контроль ON/OFF;
- соответствие стандартам DOSA;
- постоянная частота переключения с возможностью синхронизации извне;
- защита по току и температуре;
- способность контролировать токовые параметры;
- диапазон рабочих температур: $-40...+85$ °C без охлаждения;
- бессвинцовый.

В части рекомендаций по использованию далее в статье будет рассматриваться только

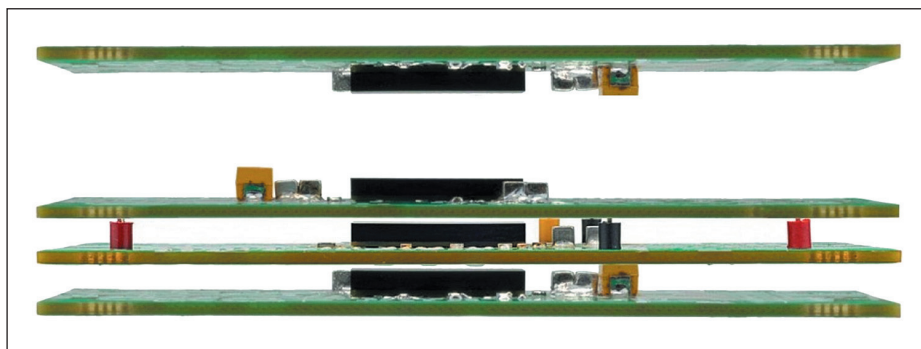


Рис. 1. Мезонинная структура

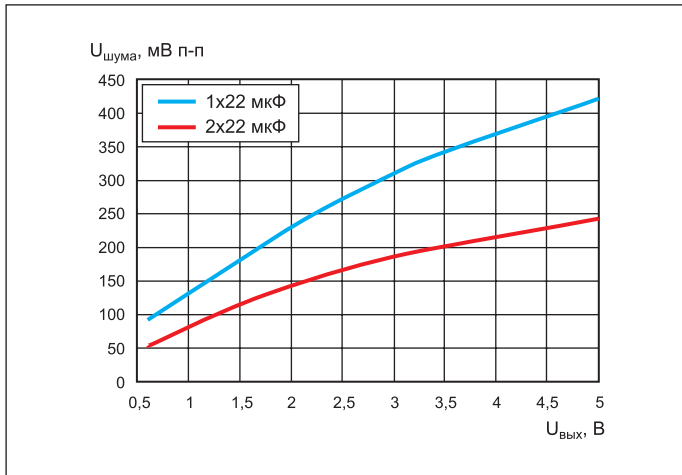


Рис. 2. Входное напряжение с шумами для различного выходного напряжения с 1x22 или 2x22 мкФ

аналоговая версия модуля; подробности по цифровой версии можно найти в спецификации к устройству.

Входная фильтрация

Цифровой модуль Pico SlimLynx должен быть связан с источником низкого АС-импеданса. Высокоиндуктивный источник может негативно повлиять на стабильность модуля GE. Входная емкость должна непосредственно примыкать ко входному пину модуля, чтобы минимизировать шумы входного напряжения и гарантировать стабильность. Для этой цели рекомендуются керамические конденсаторы. На рис. 2 показано шумящее входное напряжение для различных выходных напряжений при токе в 12 А и нагрузках с 1x22 или 2x22 мкФ керамическими конденсаторами и входом 12 В.

Фильтрация по выходу

Рассматриваемые модули предназначены для обеспечения питания с низкими пульсациями по выходному напряжению и позволяют работать с керамическими конденсаторами 3x0,047 и 2x47 мкФ. Так или иначе, дополнительная фильтрация может потребоваться конструктору системы по ряду причин. Во-первых, может возникнуть необходимость дальнейшего снижения шума и пульсаций напряжения на выходе. Во-вторых, динамические частотные характеристики, возможно, потребуются адаптировать, в частности для ступенчатого изменения нагрузки.

Главное назначение добавления внешней емкости — сокращение выходного шума и улучшение динамического отклика к шаговому изменению нагрузки. Конденсаторы, рекомендованные для этой цели, — Low ESR, полимерные или керамические.

На рис. 3 показана зависимость выходного шума, снятая на полосе частот, ограниченной до 20 МГц, для различных внешних емкостей на разных V_o и при полной нагрузке током 12 А. Для стабильной работы модуля требуется ограничить емкость до значений, указанных в спецификации, которую можно найти на сайте [1].

Описание аналоговых функций

Дистанционное включение/выключение

Модуль может быть включен/выключен или с помощью ON/OFF пин (аналоговый интерфейс), или через интерфейс PMBus (цифровой). Модуль может быть сконфигурирован несколькими способами через интерфейс PMBus и реагировать на два входа ON/OFF:

- через ON/OFF можно управлять только с помощью аналогового интерфейса (команды цифрового интерфейса ON/OFF игнорируются);
- через ON/OFF можно управлять только с помощью интерфейса PMBus (аналоговый интерфейс игнорируется);

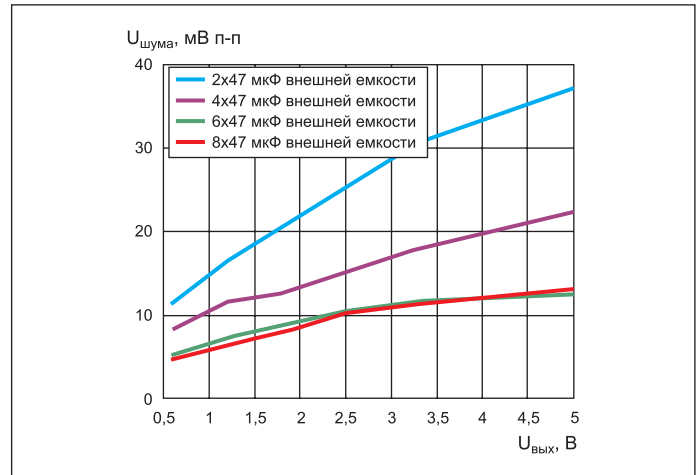


Рис. 3. Шум выходного напряжения для различных напряжений выхода с внешними керамическими конденсаторами 2x47, 4x47, 6x47 или 8x47 мкФ на выходе с нагрузкой 12 А. Входное напряжение 12 В

- через ON/OFF можно управлять либо аналоговым, либо цифровым интерфейсом.

Состояние модуля (при поставке с завода) по умолчанию должно быть под контролем только аналогового интерфейса. Если модуль необходимо контролировать только через цифровой интерфейс, управление должно быть через PMBus. В любом случае все изменения записываются в энергонезависимой памяти на модуль так, чтобы он запоминал настройки для последующего использования.

Аналоговое включение/выключение

Модуль использует ON/OFF пин для удаленного включения/выключения. Доступны два логических варианта ON/OFF. В положительной логике (код устройства — суффикс «4» в спецификации) модуль включается во время высокого логического уровня на ON/OFF пине и выключается во время низкого логического уровня. С отрицательной логикой включения/выключения опции (без суффикса «4» в названии устройства в спецификации) модуль выключается во время логики высокого логического уровня ON/OFF и включается во время низкого.

ON/OFF-сигнал должен быть всегда разведен к земле. Для любого логического варианта ON/OFF при разъединении цепи модуль включится, когда присутствует входное напряжение. Для модулей с положительным логическим включением/выключением схема для использования пина ON/OFF приведена на рис. 4.

Когда внешний транзистор Q2 в выключенном состоянии, внутренний транзистор Q7 находится во включенном состоянии

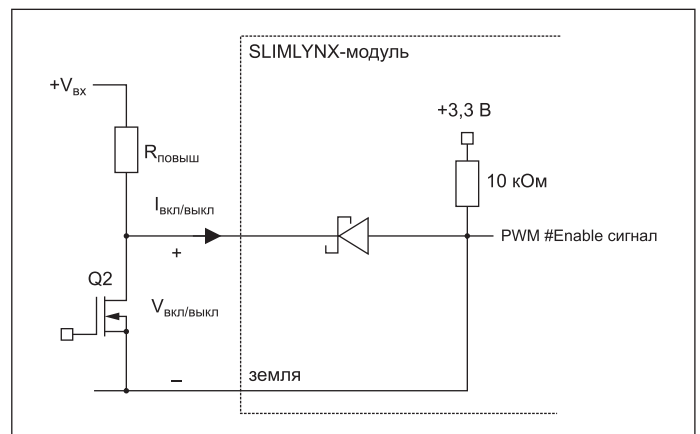


Рис. 4. Конфигурация цепи для использования положительной логики работы пина ON/OFF

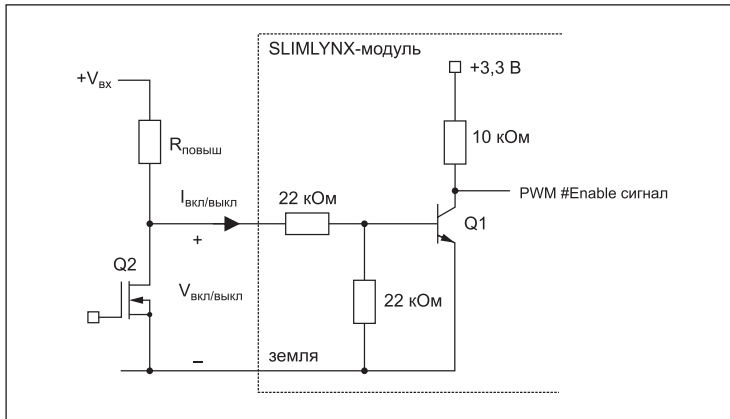


Рис. 5. Конфигурация цепи для использования негативной логики работы пина ON/OFF

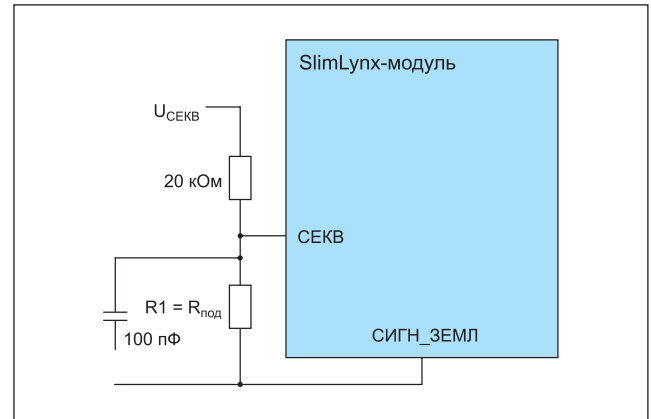


Рис. 7. Цепь, показывающая подачу секвентирующего сигнала на разъем SEQ

и выключает Q3, удерживающий Q6 и Q5 в выключенном состоянии. Это позволяет внутреннему сигналу PWM #Enable быть на низком уровне, что выключает модуль DC/DC. Рекомендуемое значение для резистора R_{pullup} , позволяющее поднять сигнал на высокий уровень, составляет 20 кОм.

Для негативной логики работы пина ON/OFF и, соответственно, самого модуля конфигурация цепи показана на рис. 5.

Логический уровень пина ON/OFF должен быть высоким, что регулируется внешним резистором pull-up 20 кОм с рекомендуемым интервалом входных напряжений 3–14 В. Когда транзистор Q2 в выключенном состоянии, пин ON/OFF в высоком логическом состоянии, транзистор Q3 включен. Это приводит к включению транзистора Q6, следующему за включением транзистора Q5, выключающего модуль преобразователя.

Для включения модуля транзистор Q2 включается, поддерживая пин ON/OFF на низком логическом уровне, затем выключая транзистор Q3, что поддерживает Q6 и Q5 в выключенном состоянии. Результатом этого является включение пина PWM Enable, то есть его переход на высокий логический уровень.

Помимо прочего, модуль имеет монотонный характер включения/выключения при любых параметрах входного и выходного напряжений, а также температур работы.

Кроме того, модуль может включаться с предустановленными параметрами по выходу столь же долго, сколь долго сохраняется напряжение предустановки со значением на 0,5 В меньше, чем напряжение, заданное на выходе.

С цифровым управлением включения/выключения модуля можно ознакомиться в спецификации к модулю на веб-странице [4].

Аналоговое программирование выходного напряжения

Модуль может быть запрограммирован на любое выходное напряжение от 0,6 до 5,5 В с помощью подключения внеш-

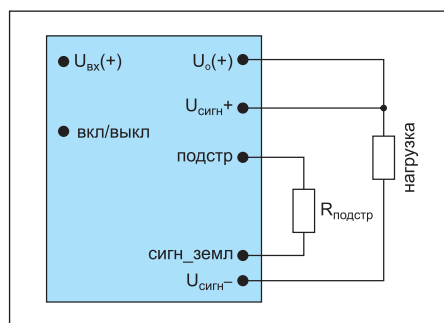


Рис. 6. Конфигурация цепи для программирования выходного напряжения модуля через внешний резистор

Таблица 1. Необходимые значения R_{trim} для получения выходных напряжений V_o, set

| V_o, set, B | $R_{trim}, k\Omega$ |
|---------------|---------------------|
| 0,6 | Open |
| 0,9 | 40 |
| 1 | 30 |
| 1,2 | 20 |
| 1,5 | 13,33 |
| 1,8 | 10 |
| 2,5 | 6,316 |
| 3,3 | 4,444 |

него резистора между пинами Trim и SIG_GND (рис. 6).

Без внешнего резистора между Trim и SIG_GND пинами напряжение на выходе будет 0,6 В.

Для вычисления значения подстроечного резистора R_{trim} необходимо воспользоваться формулой:

$$R_{trim} = [12/(V_o - 0,6)] \times k\Omega,$$

где R_{trim} — это внешний резистор с сопротивлением, кОм, а $V_o (V_o, set)$ — желаемое выходное напряжение.

В таблице 1 приведены значения R_{trim} для некоторых типичных выходных напряжений.

Упорядочивание выходного напряжения

Модуль включает в себя технологию EZ-Sequence, которая позволяет пользователям осуществлять настройку различных

последовательностей напряжения при секвентировании напряжения на выходе в их приложениях. Если технология не требуется, то достаточно просто оставить разъем SEQ незадействованным. Напряжение, приложенное к выводу SEQ, должно быть уменьшено путем такого же метода, как и понижение выходного напряжения до опорного напряжения модуля. Это достигается путем задействования внешнего резисторного делителя, подключенного через напряжение SEQ перед его подачей на вывод SEQ (рис. 7).

Кроме того, небольшой конденсатор (предлагается 100 пФ) должен быть подключен через резистор R1.

Для всех модулей SlimLynx минимальная рекомендуемая задержка между сигналом ON/OFF и сигналом секвентирования составляет 10 мс, чтобы иметь уверенность, что выход модуля увеличен в соответствии с сигналом упорядочения (секвентирования). Это гарантирует, что процедура плавного пуска будет полностью завершена до момента, когда будет позволено нарастить значение секвентирования сигнала.

Когда к выводу SEQ применяется понижение напряжения упорядочения, выходное напряжение отслеживает это напряжение до момента достижения выходом установленного напряжения. Окончательное значение напряжения упорядочения должно быть установлено выше, чем установленное напряжение модуля. Выходное напряжение модуля следует за напряжением упорядочения на основе базиса «один к одному». При подключении нескольких модулей они могут отслеживать выходные напряжения до напряжения, приложенного на выводе SEQ.

Выход модуля может отслеживать сигнал SEQ с изменениями последнего до 0,5 В/мс при включении или отключении питания.

Чтобы начать одновременное отключение модулей, контактное напряжение SEQ контролируется, опускается. Выходное напряжение модуля следует за напряжением упорядочения на основе базиса «один к одному» абсолютно так же, как и обозначено ранее. Действующее входное напряжение должно

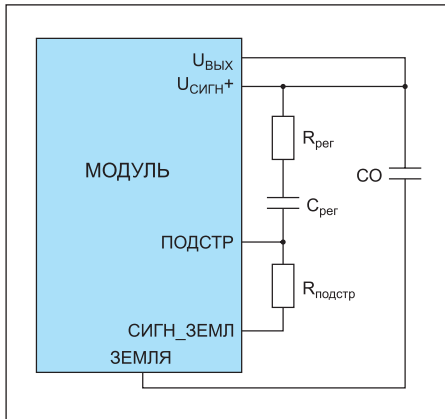


Рис. 8. Диаграмма цепи, показывающая соединение $R_{\text{туне}}$ резистора и $C_{\text{туне}}$ конденсатора для настройки цепи управления модуля

Таблица 2. Главные рекомендуемые значения $R_{\text{туне}}$ и $C_{\text{туне}}$ для $V_{\text{in}} = 12 \text{ В}$ в комбинации различных керамических конденсаторов

| $C_{\text{ср}}$, мкФ | 2×47 | 4×47 | 6×47 | 10×47 | 10×47 |
|-------------------------|------|------|------|-------|-------|
| $R_{\text{туне}}$, кОм | 430 | 390 | 300 | 240 | 180 |
| $C_{\text{туне}}$, пФ | 390 | 1500 | 2700 | 3300 | 8200 |

поддерживаться до тех пор, пока напряжения отслеживания и выходные напряжения не достигнут потенциала земли.

Tunable Loop

Модуль имеет функцию, которая оптимизирует переходную характеристику, так называемую Tunable Loop. Для этого обычно добавляют внешние конденсаторы к выходу модуля. Это делается по двум причинам: чтобы уменьшить выходной уровень помех

Таблица 3. Рекомендуемые значения $R_{\text{туне}}$ и $C_{\text{туне}}$ для получения переходного отклонения V_{out} в 2% для 6-А шага нагрузки с $V_{\text{in}} = 12 \text{ В}$

| $V_{\text{о}}, \text{В}$ | 5 | 3,3 | 2,5 | 1,8 | 1,2 | 0,6 |
|---------------------------------|------------|------------|------------|--------------|--------------|---------------|
| $C_{\text{ср}}$, мкФ (Polymer) | 1×47 + 330 | 1×47 + 330 | 2×47 + 330 | 1×47 + 2×330 | 3×47 + 3×330 | 1×47 + 11×330 |
| $R_{\text{туне}}$, кОм | 300 | 300 | 240 | 220 | 220 | 180 |
| $C_{\text{туне}}$, пФ | 2200 | 2200 | 3300 | 5600 | 12 000 | 47 000 |
| ΔV , мВ | 55 | 54 | 47 | 31 | 21 | 8 |

(рис. 3) и уменьшить отклонения выходного напряжения от стационарного значения в присутствии текущих изменений динамической нагрузки.

Добавление внешней емкости влияет на цикл управления напряжением модуля, замедляя его, заставляя его схему вяло реагировать на изменения параметров. Слишком большие значения емкости также могут повлечь за собой нестабильность работы модуля. Tunable Loop позволяет пользователю регулировать извне цепь управления напряжением для соответствия сетевому фильтру, стоящему на выходе модуля. Функция реализуется путем подключения серии RC между разъемами (пинами) VS+ и TRIM (рис. 8). Это позволяет регулировать извне отклик цепи управления, компенсируя его «вялость».

В таблице 2 приведены рекомендованные значения $R_{\text{туне}}$ и $C_{\text{туне}}$ для различных значений керамических конденсаторов на выходе до 1000 мкФ, которые могут потребоваться для обеспечения требуемого уровня помех. Выбор $R_{\text{туне}}$ и $C_{\text{туне}}$ в соответствии с таблицей 2 обеспечит стабильную работу модуля.

В приложениях с жесткими ограничениями по выходному напряжению в присутствии динамической нагрузки тока допол-

нительная емкость на выходе будет просто необходима. В таблице 3 приведены рекомендованные значения $R_{\text{туне}}$ и $C_{\text{туне}}$ для обеспечения 2%-ного предела отклонения выходного напряжения от заданного для некоторых общих выходных напряжений в присутствии ступенчатого изменения (50% от полной нагрузки) тока от 6 до 12 А, со входным напряжением 12 В.

Литература

1. www.apps.geindustrial.com/A553BA1CF7-40F0-89B8-1704CB2EDB1F/FinalDownload/DownloadId-811B89809BCE2E140D19FC19A38D70C0/A553BA1CF7-40F0-89B8-1704CB2EDB1F/publibrary/checkout/ULDT012A0X?TNR=Data%20Sheets|UNDT012A0X|generic
2. Спецификации к ULDT012. www.apps.geindustrial.com/publibrary/checkout/ULDT012A0X?TNR=Data%20Sheets|UNDT012A0X|generic
3. Спецификации к PNVТ012. www.apps.geindustrial.com/publibrary/checkout/PNVТ012?TNR=Data%20Sheets|PNVT012|generic
4. www.geindustrial.com/products/embedded-power/slimlynx