

# Особенности работы модулей электропитания SynQor

## при последовательном подключении

**В статье приведены некоторые пояснения по поводу организации последовательного подключения модулей электропитания SynQor. Описаны особенности функционирования, а также процессы запуска и работы.**

**Сергей Воробьев**

vorobyev@ranet.ru

### Введение

Серийно выпускаемые модули электропитания имеют стандартизованный ряд выходных напряжений, которые наиболее востребованы в радиоэлектронной аппаратуре. Но иногда, из-за специфических требований к разрабатываемой аппаратуре, ряд выходных напряжений серийно выпускаемых модулей не обеспечивает всех необходимых значений либо требуемый уровень выходного напряжения просто отсутствует [1]. Это создает определенные сложности при реализации системы электропитания, зачастую усложняя ее. Решение данной задачи возможно путем последовательного подключения нескольких модулей питания с целью формирования требуемого уровня выходного напряжения. При подобном подключении необходимо, чтобы используемые источники питания (ИП) были гальванически изолированы, так как при такой схеме подключения выход одного модуля VOUT(-) будет взаи-

мосвязан непосредственно с выходом VOUT(+) другого модуля.

Для упрощения решения подобных задач компания SynQor [2], ведущий производитель модулей и систем электропитания, предлагает ряд гальванически изолированных DC/DC-преобразователей, которые позволяют организовать подобное подключение (рис. 1) и сформировать необходимый уровень выходного напряжения [3].

При последовательном подключении сохраняются все преимущества и характеристики основных параметров, которые обеспечиваются модулями питания SynQor. При этом несколько различных модулей с разными выходными напряжениями могут быть соединены последовательно, чтобы обеспечить требуемое значение нестандартного выходного напряжения.

### Подключение входной цепи модулей электропитания

Все входы ИП рекомендуется соединить параллельно (рис. 2). При этом возможно подключение от разных источников (без объединения общего, минусового вывода), которые работают независимо друг от друга (рис. 3). Однако стоит также учитывать тот факт, что входы ИП не могут быть соединены последовательно [1].

Также при проектировании системы электропитания необходимо учитывать, что существует проходная емкость каждого отдельного преобразователя. При большом количестве последовательно подключенных модулей она заряжена до уровня напряжения, который присутствует между выводами VIN(-) и VOUT(-). Это может создать такие нежелательные эффекты, как токи смещения при переходных процессах. Подобная ситуация может возникнуть, например, когда один преобразователь переходит в режим короткого замыкания (КЗ).



Рис. 1. DC/DC-преобразователь SynQor

**Организация защиты модулей**

При последовательном подключении модулей SynQor рекомендуется разместить диод Шоттки по выходу каждого последовательно соединенного преобразователя (рис. 1, 2). Это необходимо сделать, чтобы исключить возможность повреждения выходных каскадов в случае отключения одного из модулей питания. Другими словами, если один из модулей выключится (например, по причине перегрева), то без установленного диода по выходу через выходной каскад будет проходить весь ток нагрузки от остальных модулей, подключенных последовательно. Это может привести к повреждению MOSFET выходного каскада отключенного ИП, так как весь ток нагрузки пройдет через внутренний диод (body diode) MOSFET [1]. Внешний диод должен быть способен обрабатывать полный ток нагрузки до тех пор, пока система электропитания будет работать с любым выключенным ИП.

**Подстройка выходного напряжения**

Уровень выходного напряжения для каждого преобразователя может быть изменен путем установки подстроечного резистора либо активной корректирующей схемы. При этом цепью, относительно которой устанавливается подстроечный резистор, является SENSE(-) каждого модуля. Также необходимо учитывать тот факт, что только один из преобразователей, подключенных последовательно, будет иметь непосредственную связь с напряжением нагрузки.

Если необходима небольшая подстройка выходного напряжения, желательно данную подстройку осуществлять на самом нижнем модуле в стеке (который ближе всего к нулевому потенциалу).

**Удаленная подстройка**

Удаленная подстройка выходного напряжения, как правило, не очень эффективна при последовательном подключении, так как каждый модуль управляет непосредственно своим выходным напряжением, а не общим уровнем выходного напряжения, который формируется из нескольких последовательно подключенных преобразователей. Однако выводы SENSE каждого модуля должны быть подключены к выводам VOUT каждого конкретного модуля (рис. 2).

**Процесс включения модулей. Выходная емкость**

При включении питания, после начала нарастания выходного напряжения, преобразователи SynQor требуют примерно 10 мс для установки их выходного напряжения до уровня 75% от номинала. Неспособность преобразователя установить данный уровень выходного напряжения в заданный период времени может привести к сбоям в запуске преобразователей и вызовет повторное автоматическое включение. Данный эффект может иметь циклический характер и продолжаться довольно длительно.

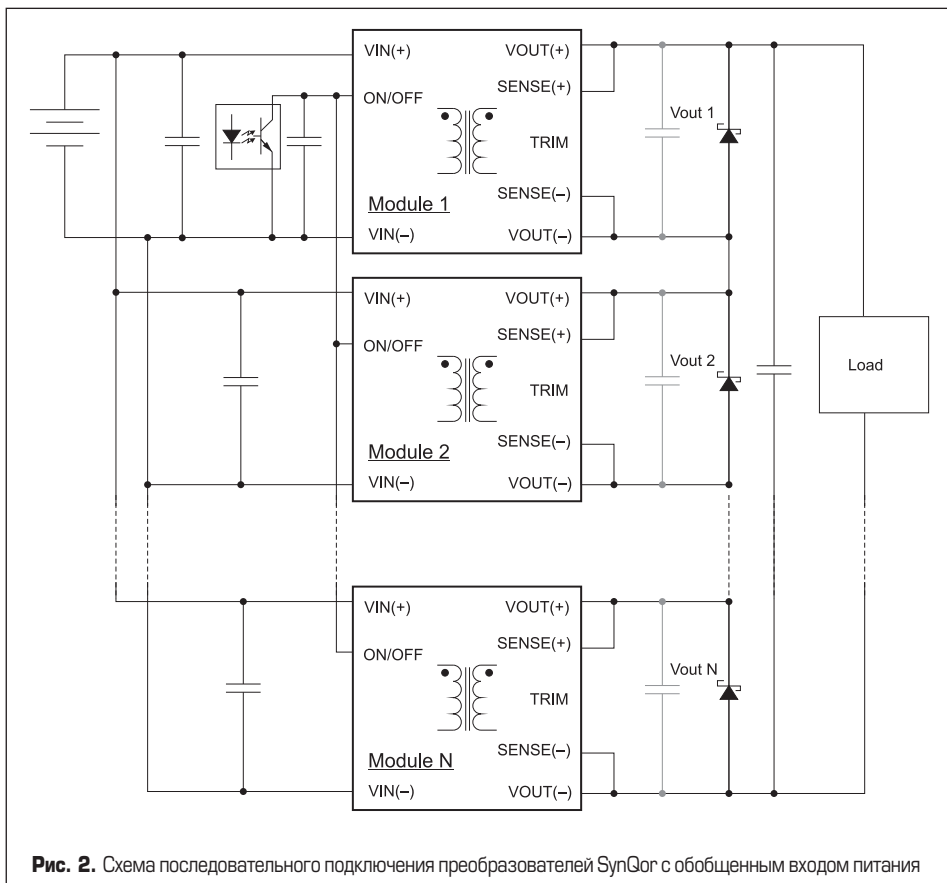


Рис. 2. Схема последовательного подключения преобразователей SynQor с обобщенным входом питания

ное время. Возникнет так называемый hiccup-режим [3]. Это не приведет к каким-либо повреждениям ИП, но, тем не менее, это нежелательный режим работы. Дополнительное увеличение выходного напряжения путем подстройки либо увеличение внешней выходной

емкости повышают вероятность входа преобразователей в режим ограничения тока. Риск попадания в данную ситуацию также усугубляется любой токовой нагрузкой, которая может присутствовать во время нарастания выходного напряжения.

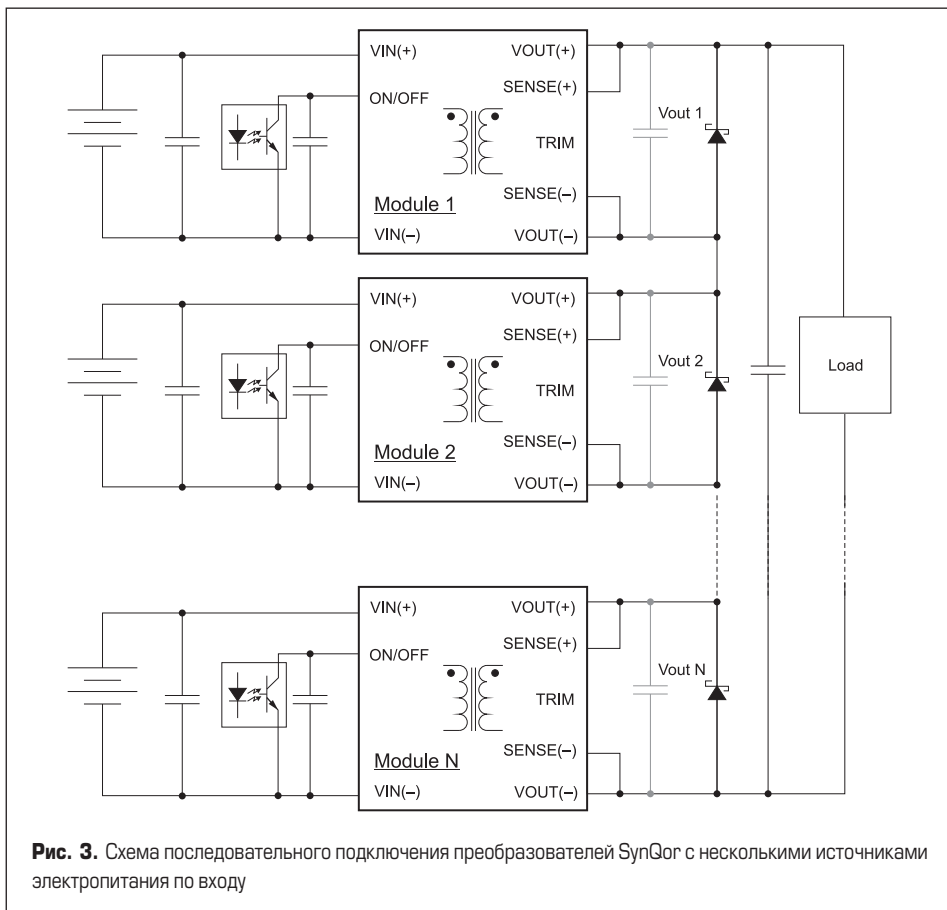
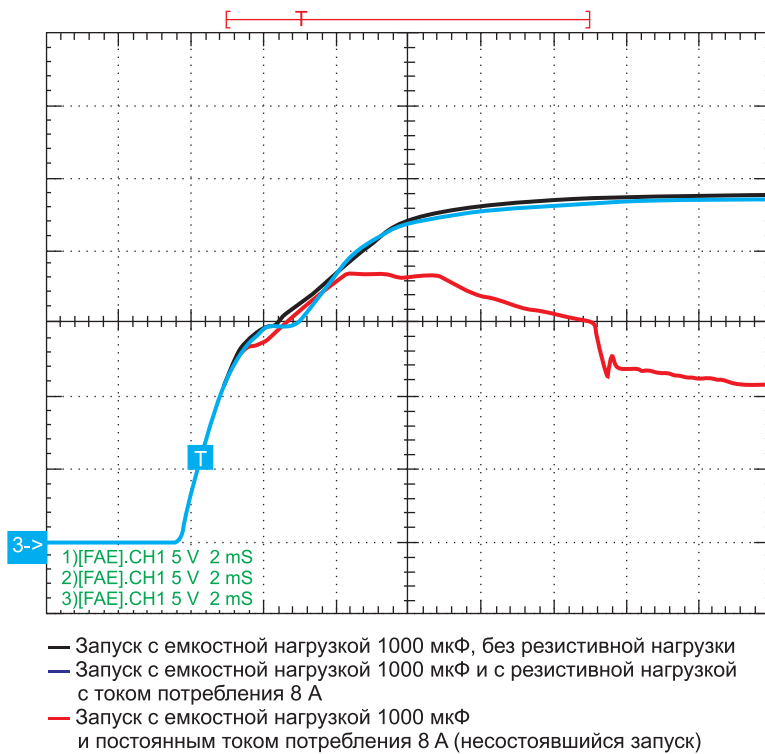


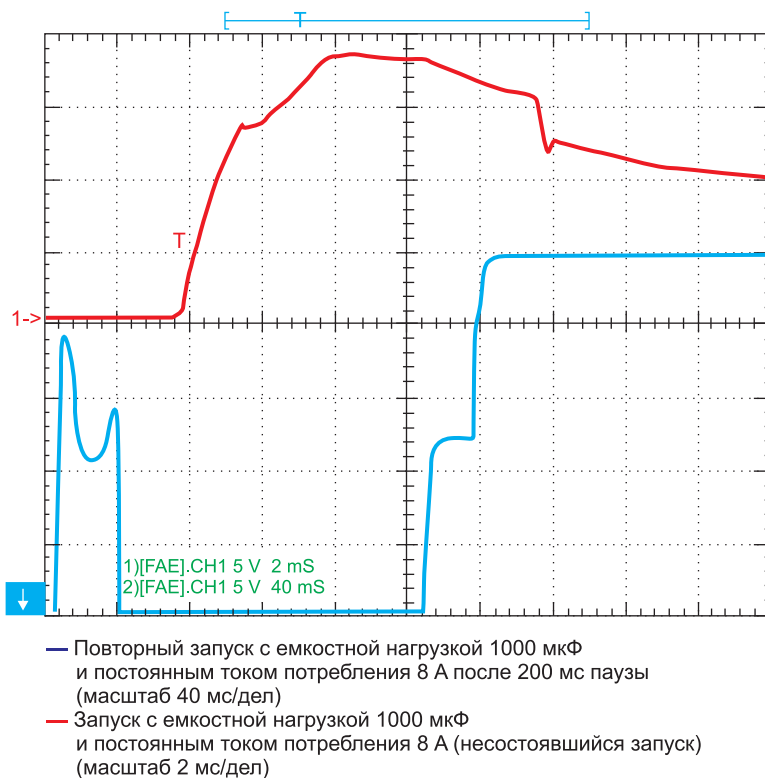
Рис. 3. Схема последовательного подключения преобразователей SynQor с несколькими источниками электропитания по входу



**Рис. 4.** Запуск двух модулей SynQor PQ48120QGA08, подключенных последовательно (масштаб 2 мс/дел)

Рассмотрим возможные варианты запуска преобразователей SynQor (рис. 4 и рис. 5). Черная кривая на рис. 4 соответствует значению по умолчанию для данного источника. Синяя кривая показывает ту же форму выходного напряжения, но в данном случае

присутствует активная нагрузка 8 А (3 Ом). Этот запуск представляет собой контролируемый процесс, поскольку соответствует графику нарастания выходного напряжения без активной нагрузки. Красная кривая иллюстрирует процесс запуска модуля с до-



**Рис. 5.** Запуск двух модулей SynQor PQ48120QGA08, подключенных последовательно

полнительной нагрузкой и при той же емкостной нагрузке в 1000 мкФ. На графике видна реакция цепи обратной связи модуля питания по напряжению. В восходящей точке перегиба происходит зарядка конденсатора, которая требует большего значения тока потребления, чем источник может выдать. В связи с этим происходит ограничение выходного напряжения из-за дополнительной токовой нагрузки. Напряжение, выдаваемое источником, фактически уменьшается, увеличивая время заряда конденсатора. В результате данная реакция преобразователя соответствует форме волны выходного напряжения в период времени ~3–4 мс.

Так как уровень выходного напряжения после периода в 10 мс ниже уровня 18 В (приблизительно 75% от номинала  $V_{out}$ ), модуль питания SynQor не запускается и отключается. Через период ~200 мс модуль повторит запуск.

Кривые на рис. 5 иллюстрируют комбинацию неудачного и удачного запусков. Если повторный запуск ИП через 200 мс состоялся, это означает, что часть заряда была сохранена в конденсаторе [1].

Одним из вариантов оптимизации процесса запуска является использование преобразователей SynQor с расширенным набором опций (подробно функциональные особенности модулей электропитания с расширенным набором опций рассматривались в [3]), в которых предусмотрена функция синхронизации запуска. Она предоставляет контроль над запуском и выключением. Это позволяет модулям всегда запускаться одновременно, в любой произвольной системе, где необходимо получение комбинации значений выходных напряжений и одновременный запуск модулей.

**Закключение**

Модули электропитания SynQor предоставляют разработчикам достаточно богатый набор механизмов для построения современной системы электропитания. Один из них — формирование нестандартного значения выходного напряжения. Это возможно путем последовательного подключения гальванически изолированных модулей электропитания. Например, несколько модулей SynQor с разными номиналами выходных напряжений могут быть соединены последовательно, чтобы обеспечить требуемое значение выходного напряжения. Данная особенность позволяет создать эффективную систему электропитания, которая будет обладать нестандартным рядом выходных напряжений и обеспечит аппаратуру всеми необходимыми номиналами.

**Литература**

1. Series Operation of SynQor Converters. Synqor. 2011.
2. [www.synqor.com](http://www.synqor.com)
3. Воробьев С. Модули электропитания SynQor с расширенным функционалом // Силовая электроника. 2015. № 5.