

# МНОГОУРОВНЕВЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ УСТРОЙСТВ С НИЗКИМ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ

## MULTI-LEVEL POWER SUPPLY FOR LOW POWER DEVICES

В статье приведена краткая информация об основных возможностях ИМС MAX77655, позволяющей формировать четыре различных выходных напряжения с управляемой последовательностью их включения. Максимальный суммарный выходной ток микросхемы составляет 700 мА. Малые габаритные размеры, высокий КПД и широкие функциональные возможности, позволяют использовать его для питания мобильных устройств.

*Abstract* – The article provides brief information on the basic capabilities of the MAX77655 IC, which allows you to generate four different output voltages with a controlled sequence of switching them on. The maximum total output current of the microcircuit is 700 mA. Small overall dimensions, high efficiency and wide functionality allow it to be used to power mobile devices.

В. Макаренко

V. Makarenko

Микросхема MAX77655 компании Maxim Integrated [1] предназначена для использования в системах питания устройств с низким энергопотреблением. Она обеспечивает формирование четырех выходных напряжений с общим током нагрузки до 700 мА. ИМС используется в тех приложениях, где важны малые размеры и высокая эффективность источника питания.

Микросхема содержит понижающе-повышающий преобразователь с одной катушкой индуктивности и несколькими выходами (SIMO – Single Input Multi Output), который обеспечивает четыре независимо программируемых выхода питания.

Двухнаправленный интерфейс I2C позволяет настраивать и проверять состояние устройства. Внутренний контроллер включения/выключения обеспечивает управляемую последовательность запуска для каждого из выходов и обеспечивает функции контроля, когда ИМС включена.

Основные параметры ИМС:

- автоматическое переключение между понижающим и повышающим режимами работы
- диапазон входного напряжения 2.5...5.5 В
- диапазон выходного напряжения от 0.5 В до 4.0 В для всех каналов
- типовое значение тока потребления 6.9 мкА при работе с двумя выходами, включенными в режиме низкого энергопотребления
- низкий ток покоя (типовое значение 0.3 мкА для каждого дополнительного выхода в режиме низкого энергопотребления)
- выходной ток не менее 700 мА при входном напряжении 3.7 В и выходном напряжении 1.8 В
- КПД не менее 90% при входном напряжении 3.7 В и выходном напряжении 1.8 В

- интерфейс связи I2C
- диапазон рабочих температур -40 до 85 °C
- габаритные размеры 1.99×1.99×0.64 мм
- корпус с шариковыми выводами WLP-16 (Wafer-Level Package).

Структурная схема ИМС MAX77655 приведена на рис. 1.

Основной мощный каскад преобразует входное напряжение в последовательность импульсов, которые через цепочку L1, C1 подаются параллельно на четыре синхронных выпрямителя, управляемых контроллером. Изменяя режим работы синхронного выпрямителя (длительность импульсов управления), можно формировать на каждом из выходов требуемое напряжение.

Каждый канал SIMO может индивидуально работать в одном из трех режимов (понижающий, понижающе-повышающий или повышающий) в зависимости от отношения выходного напряжения к входному напряжению. Рабочий режим выбирается автоматически на основе соотношения  $V_{SBBx}/V_{IN}$ :

- понижающий при  $V_{SBBx}/V_{IN} < 0.6$
- понижающе-повышающий при выполнении условия  $0.6 < V_{SBBx}/V_{IN} < 1.25$
- повышающий при  $1.25 < V_{SBBx}/V_{IN}$ .

В табл. 1 приведен пример зависимости режима работы для каждого из каналов от отношения выходного напряжения канала к входному напряжению.

Рассмотрим кратко основные режимы работы преобразователя

### Режим понижающего преобразователя

При управлении выходом одного из каналов транзистор M3\_x открыт, а M4 – закрыт (рис. 1). Ключи M1 и M2 переключаются, как в традиционном

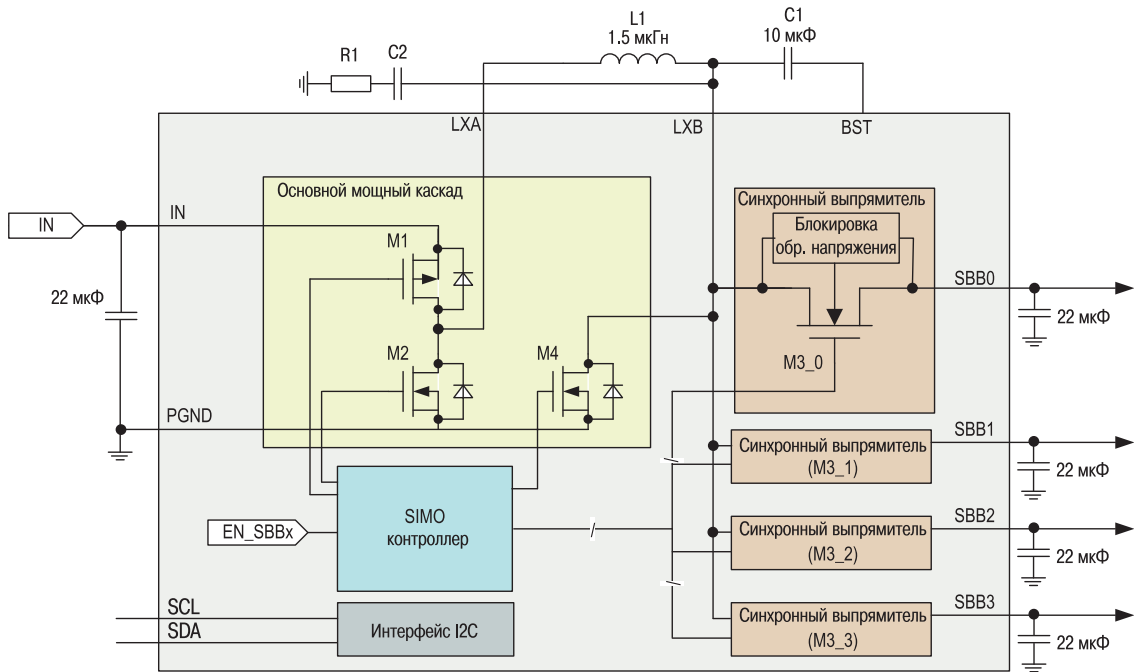


Рис. 1. Структурная схема ИМС MAX77655

**Таблица 1. Зависимость режима работы каналов от отношения выходного напряжения канала к входному напряжению**

Выход	Напряжение, В	Отношение $V_{SBBx}/V_{IN}$	Режим работы
SBB0	1.8	0.581	понижающий
SBB1	4.0	1.290	повышающий
SBB2	0.7	0.226	понижающий
SBB3	3.3	1.064	понижающе-повышающий

понижающем преобразователе. То есть, когда M1 открыт, а M2 закрыт – запасается энергия в катушке индуктивности L1. Тогда M2 открыт, а M1 закрыт – энергия, накопленная в катушке индуктивности, передается на выход.

#### Режим понижающе-повышающего преобразователя

В отличие от традиционных повышающе-понижающих преобразователей, преобразователь SIMO использует схему управления с тремя состояниями. Сначала замыкаются M1 и M4, чтобы зарядить энергией катушку индуктивности. Транзистор M3<sub>x</sub> закрыт. Это похоже на состояние понижающего регулятора, когда энергия подается на выход, продолжая заряжать катушку индуктивности. Во втором состоянии M2 открыт, а M1 закрыт, передавая энергию, накопленную в катушке, на выход.

Второе состояние повышает эффективность в

повышающе-понижающем режиме по сравнению с традиционными схемами управления.

#### Режим повышающего преобразователя

Ключ M1 открыт, а M2 закрыт. Ключи M3<sub>x</sub> и M4 переключаются как в традиционном повышающем преобразователе. То есть M3<sub>x</sub> открыт, а M4 закрыт, чтобы запастись энергией в катушке индуктивности. Затем M3<sub>x</sub> открывается, а M4 закрывается, чтобы подавать энергию на выход как от входа, так и от катушки индуктивности.

#### Межканальное переключение

Чтобы снизить пульсации выходного напряжения, преобразователь может переключаться с выхода одного канала на выход другого, используя встроенный алгоритм. Во время перехода с одного канала на другой вывод LXB временно подключается к общему проводу.

#### Плавный пуск преобразователя

Функция плавного пуска SIMO ограничивает пусковой ток во время включения, что достигается за счет ограничения скорости нарастания выходного напряжения во время пуска. Увеличение емкости, подключенной к выходу преобразователя, приводит к увеличению скачков тока во время включения.

#### Регистры SIMO

Регистр CNFG\_SBB\_TOP управляет всеми каналами SIMO, регулируя выходное напряжение (DRV\_SBB [1: 0]). Для управления выходным напряжением в каждом канале используются специальный регистр (CNFG\_SBBx\_A.TV\_SBBx [7: 0]). В регистре

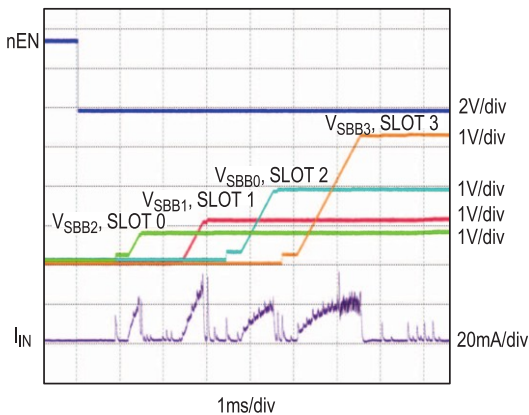
CNFG\_SBBx\_V доступны дополнительные элементы управления для включения/выключения активных разрядных резисторов (ADE\_SBBx) и включения/выключения понижающих-повышающих каналов SIMO (EN\_SBBx [2: 0]). Предусмотрена возможность контроля перегрузки в каждом из каналов в реальном времени, которая содержится в битах STAT\_GLBL.SBBx\_S\_ F. Полное описание назначения регистров, значений по умолчанию и программирования ИМС приведено в [1].

В [1] приведены рекомендации по выбору катушки индуктивности и конденсаторов, используемых совместно с ИМС MAX77655.

**Схема демпфирования**

Чтобы снизить пиковое значение напряжения на выводе LXB во время переключения, используется демпфирующая цепочка – резистор R1 (3,9 Ом) и конденсатор C2 (1500 пФ), включенная между выводом LXB и общим проводом, как показано на рис. 1.

На рис. 2 приведены осциллограммы выходных напряжений при включении преобразователя. Нижняя осциллограмма показывает всплески входного тока при включении каждого из выходных каналов.

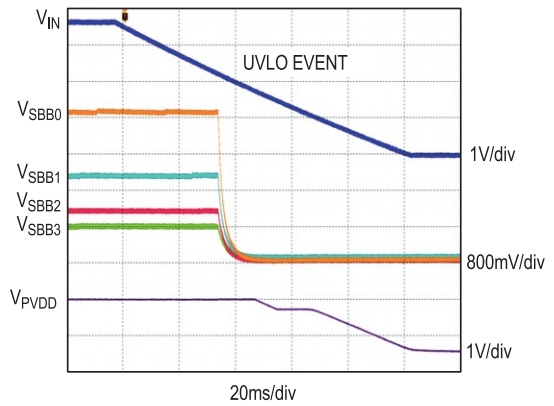


**Рис. 2. Осциллограммы выходных напряжений при включении преобразователя MAX77655**

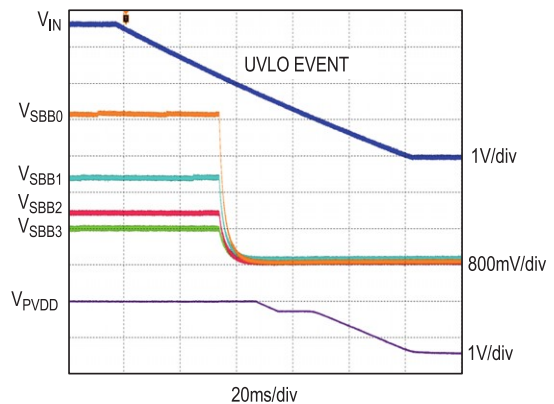
На рис. 3 приведены осциллограммы входного и выходных напряжений при выключении питания, подаваемого на вход преобразователя.

На рис. 4 приведены осциллограммы выходных напряжений при выключении ИМС MAX77655. Как следует из рисунка, выключение источников осуществляется в обратном порядке по сравнению с последовательностью при включении.

КПД преобразователя в каждом из каналов зависит как от напряжения источника входного напряжения, так и от тока, отдаваемого в нагрузку, а также от выходного напряжения. На рис. 5 приведены за-



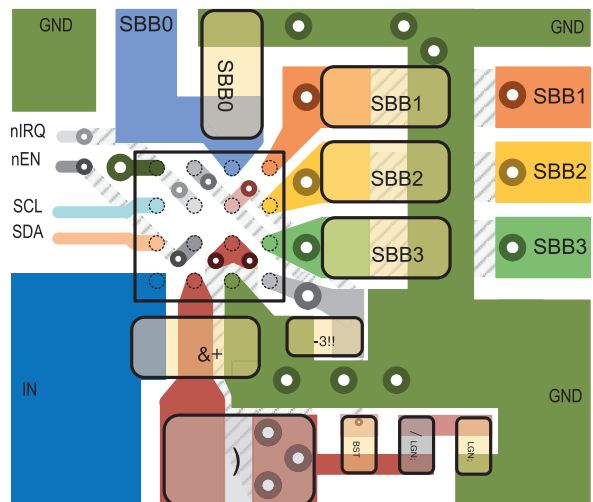
**Рис. 3. Осциллограммы входного и выходных напряжений при отключении питания преобразователя**



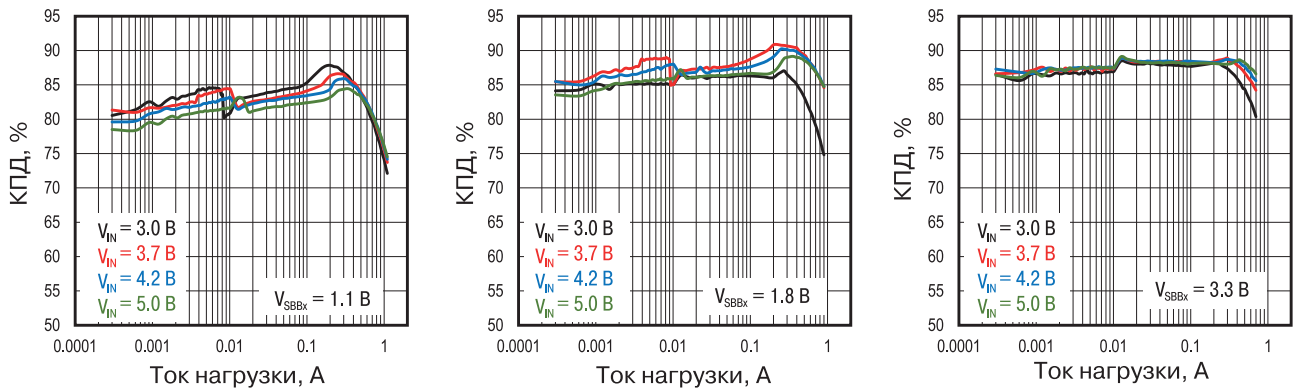
**Рис. 4. Осциллограммы выходных напряжений при выключении ИМС MAX77655**

висимости КПД преобразователя от тока нагрузки при различных выходных напряжениях V\_SBBx.

Пример реализации печатной платы блока питания с использованием MAX77655 приведен на рис. 6.



**Рис. 6. Топология верхнего слоя печатной платы и пример размещения компонентов**



**Рис. 5. Зависимости КПД преобразователя от тока нагрузки при различных выходных напряжениях**

Более подробно с характеристиками ИМС МАХ77655 можно ознакомиться в [1].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. <https://datasheets.maximintegrated.com/en/ds/MAX77655.pdf>

**nvent**  
SCHROFF

## Решения для ЦОД и IT-инфраструктуры

- Телекоммуникационные шкафы и стойки
- Изолированные коридоры
- Кондиционеры и теплообменники
- Блоки распределения питания
- Системы контроля доступа
- Системы мониторинга
- Решения для колокации

**VD MAIS** – официальный дистрибьютор компании nVent Schroff в Украине

тел.: (044) 201-0202, (057) 719-6718, (0562) 319-128, (032) 245-5478, (095) 274-6897, (048) 734-1954, info@vdmiais.ua, www.vdmiais.ua

**VD MAIS**  
ДИСТРИБЬЮЦИЯ  
КОНТРАКТНОЕ  
ПРОИЗВОДСТВО