

# МАЛО МОЩНОСТИ – МНОГО ВОЗМОЖНОСТЕЙ

## ОБЗОР РЫНКА МАЛОМОЩНЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ

М.Шейкин max.shaking@yandex.ru

Одна из основных тенденций развития современной электроники – снижение потребляемой мощности компонентами и устройством в целом. Низковольтные маломощные источники вторичного питания занимают немалую долю рынка силовых компонентов. Для работы в устройствах с батарейным питанием, а также в связи с особыми требованиями к питанию эти источники должны иметь специфические функции.

**И**зучая рынок микро- и маломощных источников вторичного питания (ИВП), можно определить несколько основных направлений его развития. В первую очередь, это универсальные источники, сфера применений которых крайне широка. Такие ИВП могут быть и понижающими, и повышающими, рассчитаны на фиксированное выходное напряжение либо иметь возможность его регулирования. Близи к этой группе источники для устройств с батарейным питанием. Они могут иметь специфические для этой области применения функции и особенности, такие как оптимизация под определенные типы и количество батарей, ограничение тока разряда и т.д. Основная задача таких источников – поддержание необходимой мощности при разряде батарей. В обширную отдельную группу можно выделить специализированные источники, которые предлагается использовать для питания конкретных устройств – процессоров, ПЛИС, дисплеев и др. Они удовлетворяют определенным и зачастую уникальным требованиям по питанию, что, собственно, и делает их специализированными и ограничивает область применения. Еще одну отдельную группу составляют источники (драйверы) для питания

светодиодов и OLED-матриц. Эти ИВП обеспечивают протекание определенного тока через светодиоды и дают возможность управлять их яркостью с помощью широтно-импульсной модуляции выходного напряжения (ШИМ).

Конечно же, следует иметь в виду, что деление это достаточно условно и не исчерпывающе, так как многие имеющиеся на рынке источники можно отнести одновременно к нескольким группам. Большинство рассмотренных далее специализированных источников рассчитано на батарейное питание (например, FAN5903/04 – для питания радиочастотных усилителей мощности в мобильных устройствах). Тем не менее, этот подход позволяет немного упорядочить весьма обширный ассортимент источников вторичного питания.

### ИМПУЛЬСНЫЕ ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ПИТАНИЯ

Большинство современных источников вторичного питания построено на основе импульсных преобразователей. Их главные преимущества – высокий (>90%) КПД и возможность не только понижать, но и повышать и инвертировать входное напряжение.

Основные элементы импульсных преобразователей – ключ, накопитель энергии (индуктивность) и фильтр пульсаций (емкость). Схема понижающего стабилизатора приведена на рис.1а. При замыкании ключа  $S$  ток от источника течет через дроссель  $L$  и нагрузку. ЭДС самоиндукции дросселя приложена обратно напряжению источника тока. В результате напряжение на нагрузке равно разности напряжения источника питания и ЭДС самоиндукции дросселя, ток, протекающий через дроссель, и напряжение на конденсаторе  $C$  и нагрузке растут. При разомкнутом ключе ток продолжает протекать через дроссель в том же направлении через диод  $D$ , конденсатор и нагрузку. ЭДС самоиндукции приложена к нагрузке через диод, ток, протекающий через дроссель, постепенно уменьшается, как и напряжение на конденсаторе  $C$  и нагрузке.

В повышающем преобразователе (рис.1б) дроссель расположен перед ключом. Когда ключ  $S$  замкнут, ток от источника протекает через дроссель, в котором накапливается энергия. При размыкании ключа ток от источника течет через дроссель, диод и нагрузку. Напряжение источника и ЭДС самоиндукции дросселя приложены в одном направлении и складываются на нагрузке до тех пор, пока дроссель не отдаст всю накопленную энергию. При замкнутом ключе нагрузка питается напряжением конденсатора  $C$ . Диод препятствует его разряду через ключ.

Для получения источника, который может и понижать, и повышать входное напряжение, можно совместить две описанные схемы. Для регулирования выходного напряжения в схему вводятся цепи обратной связи.

Инвертирующий преобразователь строится по схеме, приведенной на рис.1в. Дроссель в этом случае подключен параллельно источнику и нагрузке. Когда ключ замкнут, ток от источника течет через дроссель и быстро растет. При размыкании ключа  $S$  ток продолжает течь через нагрузку и диод  $D$ . ЭДС самоиндукции дросселя направлена в противоположную по отношению к напряжению источника сторону, поэтому к нагрузке напряжение также приложено в обратном направлении. Когда ключ замкнут, диод  $D$  закрывается, а нагрузка питается зарядом конденсатора  $C$ .

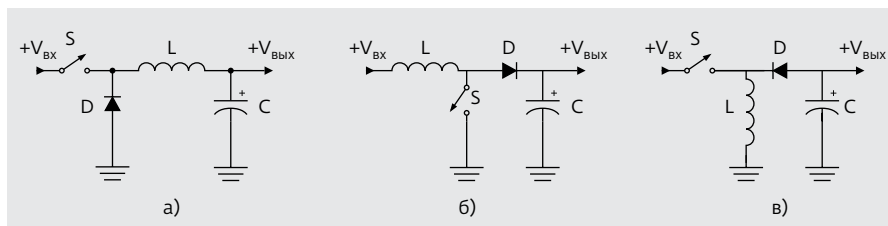


Рис.1. Схемы импульсных источников питания

Напряжение на нагрузке для всех схем определяется входным напряжением и коэффициентом заполнения переключающих ключей импульсов. Таким образом, изменяя частоту (частотно-импульсная модуляция, ЧИМ) или длительность импульсов (широтно-импульсная модуляция, ШИМ), можно управлять выходным напряжением. Обычно в случаях малого тока нагрузки используется первый режим, а для больших мощностей – второй. Для достижения максимальной эффективности работы в некоторых источниках используют оба режима, переключение между ними автоматическое либо принудительное.

Диод  $D$  во всех схемах (см. рис.1) может быть заменен на еще один ключ, переключающийся синхронно с ключом  $S$ , но в противофазе (синхронное выпрямление). Такое решение позволяет увеличить КПД преобразователя, особенно для низковольтных источников. Многие современные импульсные ИВП имеют встроенные синхронные выпрямители, что позволяет, кроме увеличения КПД, отказаться от установки внешнего диода, экономя тем самым площадь печатной платы.

Выбор универсальных импульсных источников весьма широк. Приведем лишь несколько примеров (табл.1).

Повышающий преобразователь производства Maxim MAX8815A (рис.2а) обеспечивает напряжение питания в диапазоне от 3,3 до 5 В. Он может работать от двухэлементной NiMH/NiCd- или одноэлементной Li+/Li-pol-батареи. Для выходного напряжения 5 В максимальный ток нагрузки составляет 500 мА при входном напряжении 1,8 В и 1 А – при 2,5 В. Преобразователь может работать в двух режимах. В нормальном режиме источник потребляет около 30 мкА и включает режим ШИМ при достижении током нагрузки значения 90 мА. При необходимости можно переключить преобразователь в режим принудительной ШИМ с фиксированной, не зависящей от тока нагрузки частотой. Этот режим облегчает фильтрацию шума и уменьшает пульсации выходного напряжения.

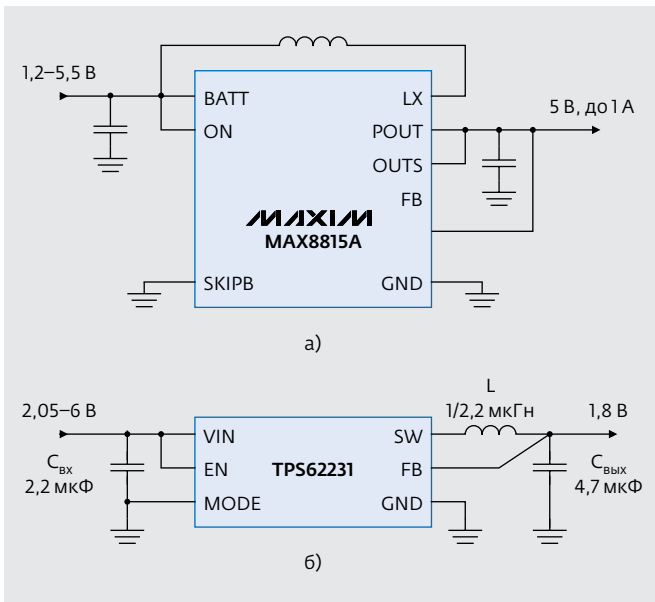


Рис.2. Типовые схемы включения повышающего (а) и понижающего (б) импульсных регуляторов напряжения

Малогабаритные ИВП семейства TPS6223X фирмы Texas Instruments (рис.2б) также оптимизированы для устройств с батарейным питанием. Но их можно применять и в любых других устройствах с напряжением питания от 2,05 до 6 В. Различные версии ИВП этой серии обеспечивают фиксированное выходное напряжение в диапазоне от 1 до 3,3 В. Высокая частота преобразования (3,8 МГц) позволяет использовать малогабаритные внешние компоненты.

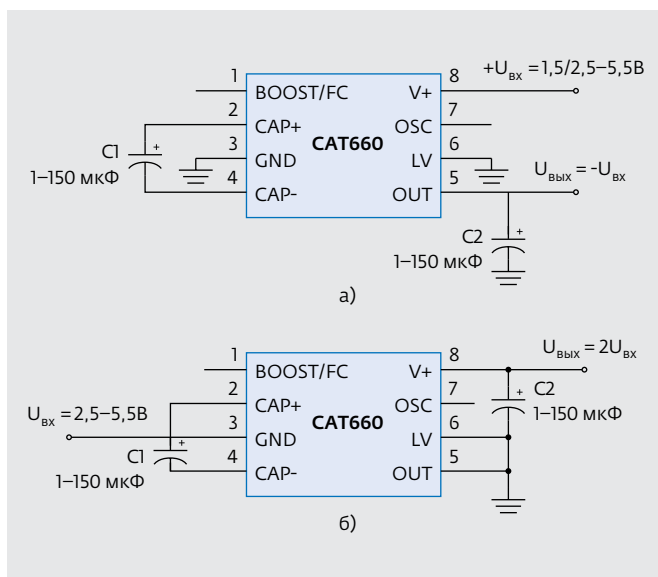


Рис.4. Схемы включения ИВП CAT660

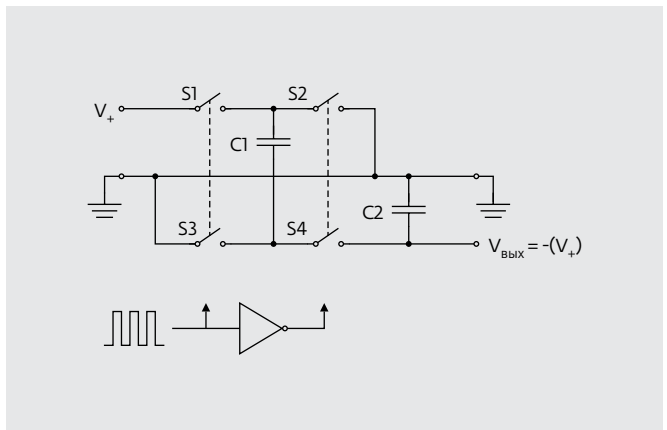


Рис.3. Преобразователь с накоплением заряда

### ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ С НАКОПЛЕНИЕМ ЗАРЯДА (CHARGE PUMP) (табл.2)

Упростить и удешевить схему можно, используя преобразователь, построенный по принципу накопления заряда (рис.3). В этом случае нет необходимости в относительно дорогих дросселях, так как в качестве накопителя энергии здесь используются более дешевые конденсаторы. Кроме того, схема без индуктивности генерирует значительно меньше помех. Недостаток такого решения - малая по сравнению с импульсными источниками аналогичного класса мощность. С помощью такой схемы можно легко осуществить инвертирование входного напряжения, поэтому большинство преобразователей класса charge pump являются инвертирующими.

В качестве примера преобразователя с накоплением заряда можно привести источники производства ON Semiconductors CAT660 и CAT3200HU2. В зависимости от схемы включения CAT660 может либо инвертировать входное напряжение (рис.4а), либо удваивать его, обеспечивая ток до 100 мА (рис.4б). Также есть возможность объединить несколько источников для получения большего тока.

Пользователь может задать частоту преобразования 10 или 80 кГц. При работе на низкой частоте источник потребляет меньше тока в режиме покоя, в то время как высокая частота позволяет использовать конденсаторы меньшей емкости. Источник CAT3200HU может обеспечивать либо фиксированное напряжение 5 В (рис.5а), либо установленное с помощью резисторов (рис.5б). Частота переключения 2 МГц позволяет использовать небольшие керамические конденсаторы емкостью 1 мкФ.

Таблица 1. Характеристики некоторых универсальных импульсных ИВП

Производитель	Обозначение	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В	Максимальный ток нагрузки, А	Ток собственного потребления, мкА	Частота преобразования, кГц	Корпус/размеры, мм
Texas Instruments	TPS62125	3–17	1,2–10	0,3	13	1000	8WSON/2×2×0,8
	TPS82695	2,3–4,35	2,5	0,5	24	4000	8uSIP
	TPS62170	3–17	0,9–6	0,5	17	2500	8WSON/2×2×0,8
	TPS62171	3–17	1,8	0,5	17	2500	8WSON/2×2×0,8
	TPS62172	3–17	3,3	0,5	17	2500	8WSON/2×2×0,8
	TPS62173	3–17	5	0,5	17	2500	8WSON/2×2×0,8
	TPS62730	1,9–3,9	2,1	0,1	25	3000	6SON/1×1,5×0,4
	TPS622318	0,5–2,05	1,25	0,5	22	3000	6SON/1×1,5×0,4
	TPS61260	0,8–4	1,8–4	0,1	29	2500	6SON/2×2
	TPS61261	0,8–4	3,3	0,1	29	2500	6SON/2×2
	TPS61097	0,9–5,5	3,3	0,35	5	–	5SOT23/2,8×2,9
	TPS61201	0,3–5,5	3,3	1,35	55	1250	QFN-10/3×3
Maxim	MAX8640Y/Z	2,7–5,5	1–2,5	0,5	28	2000/4000	SC70/2×2,1 μDFN/1,5×1
	MAX1927	2,6–5,5	0,75–5	1	140	1000	μMAX
	MAX1973	2,6–5,5	1,25–5	1	–	1400	–
	MAX1920	2–5,5	1,25–4	0,4	50	1200	6SOT23/6TDFN
	MAX1921	2–5,5	1,5, 1,8, 2,5, 3, 3,3*	0,4	50	1200	6SOT23
	MAX653	4–11,5	3	0,225	10	–	SDIP/PDIP/SOIC
	MAX8969	2,5–5,5	3,3–5	1	30	3000	WLP/1,25×1,25
	MAX8815	1,2–5,5	3,3–5	1	30	2000	TDFN6/3×3
	MAX8569A/B	1,5–5,5	3/3,3	0,25	7	–	SOT/TDFN-EP
Fairchild Semiconductor	FAN5361	2,3–5,5	1–1,82*	0,75	35	6000	UMLP/2×2
	FAN5362	2,7–5,5	1,8–3,6*	0,5	45	3000	WLCSP/2×2
	FAN4603	2,3–5,5	1,2–1,8*	0,6	35	6000	MLP/4×2,5
	FAN4860	2,3–4,5	5	0,3	–	3000	UMLP/2×2, WLCSP

\* Фиксированные значения напряжений для разных модификаций.

### ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ПИТАНИЯ

Все рассмотренные выше импульсные ИВП по сути являются лишь частью схемы источника питания, в которую, помимо самой микросхемы, входят несколько дополнительных компонентов. Как минимум, это индуктивность и/или конденсаторы, зачастую также необходимы резисторы, задающие режимы работы микросхемы. Для обеспечения максимально компактной и простой схемы питания стоит обратить внимание на полностью интегрированные импульсные преобразователи, рассчитанные на одно напряжение без возможности регулировки. Весьма интересна новая серия миниатюрных DC/DC-преобразователей фирмы Murata, которая сегодня представлена тремя понижающими и одним повышающим преобразователями. Понижающие преобразователи LDXC2UR и LDXC3EP, по заявлению производителя,

являются "самыми миниатюрными в мире" в своем классе и обеспечивают ток до 0,6 и 1 А, соответственно (табл.3) при размерах всего 2,5×2,3 и 3,5×3,2 мм. Основа конструкции этих источников – ферритовая подложка, на которой установлены управляющая микросхема и конденсатор (рис.6). Силовая индуктивность встроена в саму подложку.

Источник FAN4603 фирмы Fairchild также представляет собой полностью интегрированный понижающий импульсный преобразователь. В зависимости от модификации при входном напряжении от 2,3 до 5,5 В он обеспечивает напряжение от 1 до 1,8 В с точностью ±2% и нестабильностью в пределах 12 мВ.

Понижающие преобразователи серии TPS8267x производства Texas Instruments работают на частоте 5,5 МГц и собраны в BGA-корпусе размером 2,3×2,9 и высотой 1 мм. Эти источники

**Таблица 2.** Характеристики ИВП с накоплением заряда

Производитель	Обозначение	Входное напряжение (U <sub>вх</sub> ), В	Выходное напряжение, В	Макс. выходной ток, мА	Ток собственного потребления, мкА	Частота преобразования, КГц	Корпус, размеры, мм
ON Semiconductor	CAT3200	2,7–4,5	2,7–6	100	1700	2000	MSOP-8
	CAT3200-5	2,7–4,5	5	100	1700	2000	SOT23
	CAT660	3–5,5	-U <sub>вх</sub> или 2U <sub>вх</sub>	100	–	10/80	DIP8, SOIC8
	CAT661	3–5,5	-U <sub>вх</sub> или 2U <sub>вх</sub>	100	–	25/135	–
Maxim	MAX1720	1,15–5,5	-U <sub>вх</sub> или 2U <sub>вх</sub>	90	–	12	TSOP-6
	MAX1595	1,8–5,5	3,3 или 5	125	220	1000	–
	MAX1697	1,25–5,5	-U <sub>вх</sub>	60	150	12–250	SOT23
	MAX619	2–3,6	5±4%	50	–	500	DIP,SO
Analog Devices	ADM660	1,5–7	-U <sub>вх</sub> или 2U <sub>вх</sub>	100	600	25/120	TSSOP16
	AD8828	1,5–5,5	-U <sub>вх</sub>	25	600	–	6SOT23
	AD8660	-V <sub>вх</sub> или 2V <sub>вх</sub>	-U <sub>вх</sub> или 2U <sub>вх</sub>	100	–	25/120	TSSOP16
Texas Instruments	TPS60151	2,7–5,5	5	140	90	1500	QFN
	REG710xx	1,8–5,5	2,5; 2,7; 3; 3,3; 5; 5,5*	–	–	1000	SOT23-6, TQFN6/2×2×0,8
	TPS6040x	1,6–5,5	1,6–5,25 (инвертирующий)	60	65	450, 400, 80, 25*	5SOT23
	TPS6024x	1,8/2,7*–5,5	5; 3,3; 3; 2,7*	25	25	220	8MSOP

\* Фиксированные значения напряжений для разных модификаций.

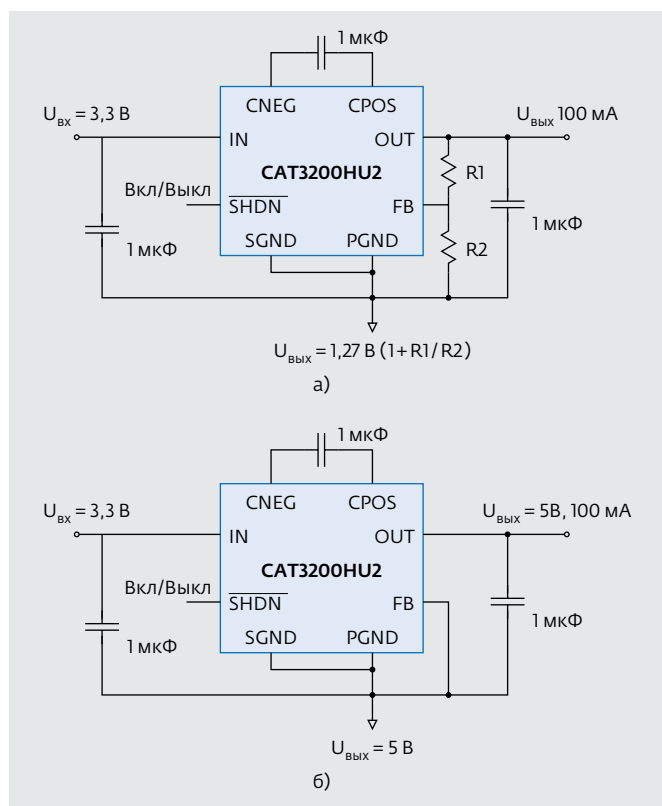


Рис.5. Схемы включения ИВП CAT3200U

хорошо подходят для чувствительных к помехам устройств благодаря возможности снижения уровня помех с помощью варьирования (модуляции) частоты переключения в небольших пределах. В этом случае спектр помех становится шире и "расползается" по частоте (spread spectrum).

Несмотря на то что все микросхемы подобного типа являются законченными устройствами и могут работать без обвязки, производители нередко рекомендуют устанавливать дополнительные конденсаторы, фильтрующие пульсации выходного напряжения.

### ЛИНЕЙНЫЕ LDO-РЕГУЛЯТОРЫ

Исторически линейные регуляторы напряжения (стабилизаторы) появились раньше импульсных. Проигрывая и по эффективности, и по функциональности (стабилизаторы не могут повышать или инвертировать входное напряжение), они лишены главного недостатка импульсных схем - шума и высокочастотных пульсаций выходного напряжения. Поэтому фирмы-производители электронных компонентов продолжают выпускать линейные регуляторы. Они применяются в тех областях, где существуют особые требования к "бесшумности" цепей питания или стоимости изделий.

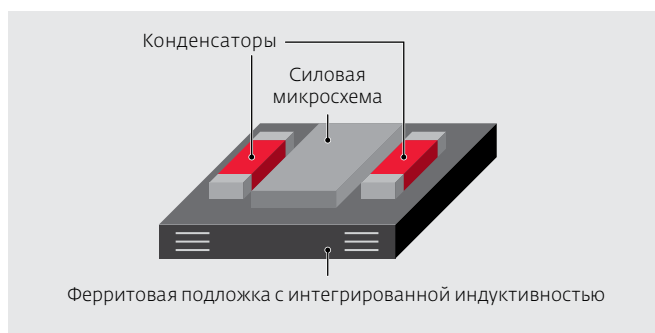


Рис.6. Конструкция преобразователей Murata

Сегодня довольно распространены LDO-регуляторы (low drop-out, ИВП с низким падением напряжения). Ток режима покоя и, следовательно, падение напряжения на них сведены к минимуму. К примеру, для линейного LDO-стабилизатора MAX8902A/B фирмы Maxim ток потребления составляет 80 мкА независимо от тока и напряжения нагрузки. Эти источники обеспечивают ток до 500 мА при дискретных значениях выходных напряжений от 1,5 до 4,7 В (MAX8902A) или в диапазоне 0,6-5,3 В (MAX8902B). Напряжение задается с помощью выходов SELA и SELB (MAX8902A, рис.7а) или резисторным делителем (MAX8902B, рис.7б).

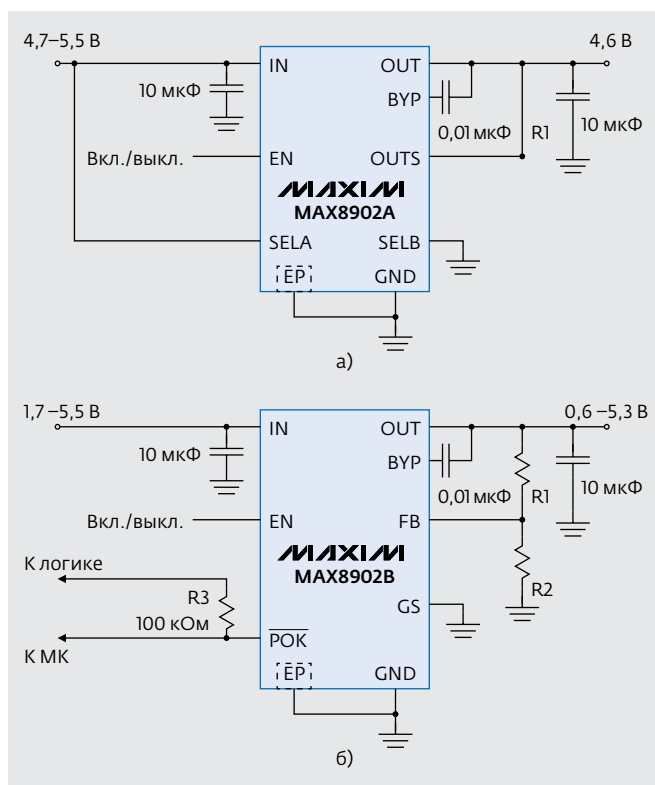


Рис.7. Схема включения LDO-регуляторов MAX8902A/B

Таблица 3. Характеристики интегрированных маломощных ИВП

Производитель	Обозначение	Входное напряжение, В	Выходное напряжение, В*	Максимальный выходной ток, А	Размеры корпуса, мм
Murata	LXDC2URxx	5,5	1,2; 1,5, 1,8; 3; 3,3	0,6	2,5×2,3×1,2
	LXDC2HNxx	5,5	1; 1,2; 1,35; 1,5, 1,8; 2,5; 3; 3,3	0,6	2,5×2×1,2
	LXDC2HLxx	5,5	1; 1,2; 1,35; 1,5, 1,8; 2,5; 3; 3,3	0,6	2,5×2×1,1
	LXDC3EPxx	5,5	1; 1,2; 1,5, 1,8; 2,5; 3,3	1	3,5×3,2×1,3
	LXDC55BAAC-xxx		1,2; 1,8; 2,5; 3,0; 3,3	3	5,7×5×2,1
	LXDC44A	5,5	5	0,7	4×4×2,1
Texas Instruments	TPS8267x	2,3–4,8	1,1; 1,2; 1,26; 1,5; 1,8; 1,86	0,6	–
	TPS8269x	2,3–4,35	2,5; 2,85	0,5	–
Fairchild	FAN4603MMxx	2,3–5,5	1; 1,2; 1,3; 1,5; 1,8	0,5	MLP/4×2,5×1,1

\* Фиксированные значения напряжений для разных модификаций.

Линейные регуляторы серии Fairchild FAN2500/01 включают как ИВП с фиксированным выходным напряжением (FAN2500-XX и FAN2501-XX, где XX обозначает номинальное выходное напряжение), так и регулируемые (FAN2500). FAN2500 позволяют устанавливать выходное напряжение посредством резисторного делителя, FAN2500-XX имеют выход для подключения дополнительного конденсатора, снижающего пульсации выходного напряжения, FAN2501-XX имеет сигнальный выход контроля выходного напряжения.

LDO-регуляторы могут использоваться не только как самостоятельные устройства,

но и в составе комплексных источников питания. Многие фирмы выпускают ИВП с несколькими выходами. Например, микросхема MAX8884Y/Z фирмы Maxim представляет собой один импульсный и два линейных LDO-ИВП в одном корпусе (рис.8). Понижающий импульсный источник обеспечивает выходной ток до 700 мА при напряжении 1,2 или 1,8 В, первый линейный LDO-регулятор – 1,8 или 2,8 В с током 300 мА, второй – фиксированное напряжение 2,8 В при токе 300 мА. Особенность этого источника – невозможность независимого переключения напряжений, т.е. возможны лишь две их комбинации – 1,2/1,8 В и 1,8/2,8 В. Подобные решения позволяют максимально эффективно получить несколько линий питания.

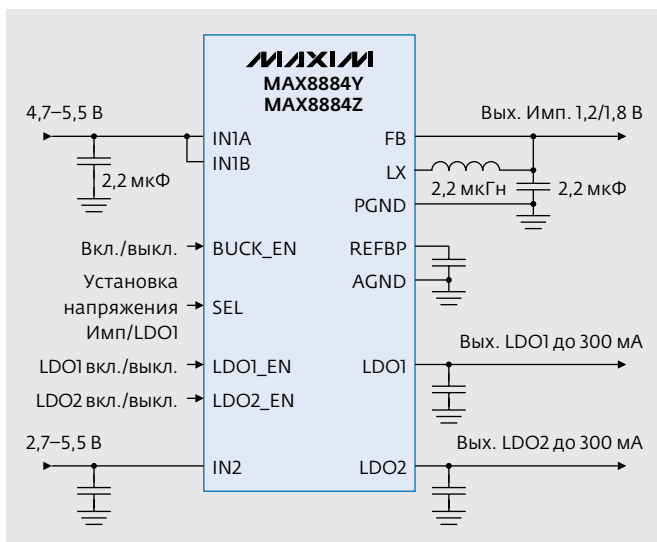


Рис.8. Комбинированный ИВП MAX8884

### СПЕЦИФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИВП ДЛЯ УСТРОЙСТВ С БАТАРЕЙНЫМ ПИТАНИЕМ

Как было упомянуто выше, источники для низковольтных батарейных устройств должны удовлетворять особым требованиям. С одной стороны, поддерживать выходное напряжение при разряде батареи и обеспечивать необходимый ток нагрузки, причем нужно иметь в виду, что напряжение батареи изначально может превышать желаемое, но в процессе разрядки становится ниже него. С другой же стороны, ИВП должны работать в щадящем для батареи режиме и быть максимально экономичными. В качестве иллюстрации, как эти требования можно реализовать "в железе", приведем несколько примеров.

Повышающие преобразователи MAX1687/1688 позволяют получить до 2 Вт мощности при питании от одного Li-Ion- или трех NiMH-элементов. Специальная схема включения (рис.9) дает возможность использовать эти преобразователи в устройствах, потребляющих большую мощность в течение коротких промежутков времени (в сотовых телефонах, модулях беспроводной связи и т.д.). Преобразователь заряжает конденсатор большой емкости, установленный на выходе схемы, который при необходимости обеспечивает требуемую пиковую мощность, быстро разряжаясь в нагрузку. Батарея, таким образом, защищена от высокого тока разрядки и преждевременного выхода из строя. Для исключения влияния помех преобразования на радиочастотные цепи преобразователь может быть отключен в моменты выдачи пиковой мощности.

В отличие от многих преобразователей с фиксированной частотой преобразования для источников MAX1687/1688 она задается внешней индуктивностью. Типовые значения частоты преобразования лежат в диапазоне от 150 кГц до 1 МГц. Величина выходного напряжения задается резисторным делителем.

Источник MAX1687 позволяет задавать максимальный входной ток (что может быть полезно не только при питании от батарей, но и когда ток в цепи первичного питания жестко ограничен). Значение тока определяется величиной напряжения на управляющем входе микросхемы. Это напряжение может быть задано эталонным источником, установлено резисторным делителем либо подано с выхода ЦАП. В последнем случае можно осуществлять динамическое ограничение входного тока. В свою очередь, MAX1688 позволяет устанавливать время, за которое конденсатор должен полностью зарядиться, что по сути тоже является косвенной регулировкой входного тока. В этом случае схема потребляет ровно столько тока, сколько необходимо для зарядки конденсатора, не допуская излишне быстрой его зарядки и напрасных перегрузок батареи. Время зарядки также задается резистором, установленным между управляющим входом и землей.

Иногда может случиться так, что пользователь установит батарею неправильно. Это может произойти как из-за конструктивных особенностей прибора и батареи, так и из-за влияния человеческого фактора. При проектировании таких потенциально проблемных устройств следует предусматривать вероятность ошибочной

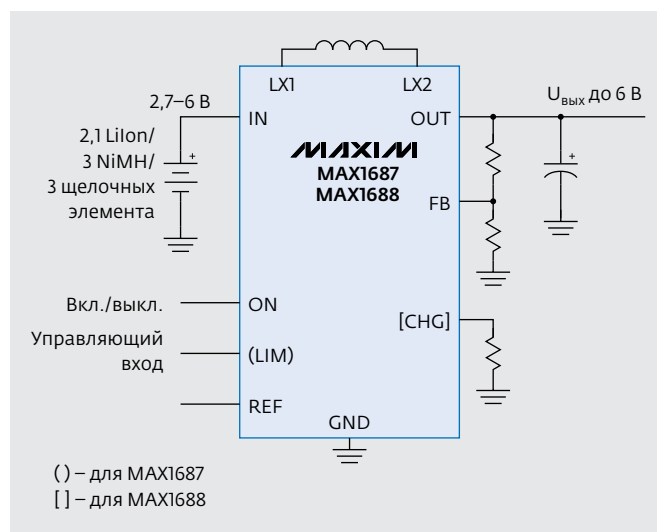


Рис.9. Схема включения источников MAX1687/1688

установки элемента питания. ИВП MAX1832/3/4/5 имеют встроенную защиту от обратной полярности на входе. Эти преобразователи работают при величине входного напряжения от 1,5 В, что делает их пригодными для устройств с питанием от двух NiMH- или щелочных батарей либо от одного Li-Ion-элемента. В MAX1832 и MAX1833 реализована возможность дежурного питания устройства напрямую от батареи при отключенном преобразователе. Это может быть полезно при наличии в устройстве, например, часов реального времени.

### СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ ВТОРИЧНОГО ПИТАНИЯ

Этот класс источников довольно сложно классифицировать "табличным" способом, поэтому далее будут просто приведены описания некоторых имеющихся на рынке и, с точки зрения автора, наиболее интересных специализированных ИВП.



**Источники питания для высокочастотных усилителей мощности мобильных устройств связи.** ИВП Fairchild FAN5903 и FAN5904 предназначены для питания радиочастотных усилителей мощности в мобильных устройствах 3G/3,5G/4G, WCDMA/LTE и GSM/EDGE. Источники имеют возможность регулировки выходного напряжения в пределах 0,4–3,5 В, однако, в отличие от большинства универсальных источников, она осуществляется аналоговым способом. Напряжение на выходе устанавливается пропорционально напряжению на управляющем входе источника, которое задается внешним ЦАП в диапазоне от 0,16 до 1,4 В. Такой способ управления питанием усилителя позволяет обеспечить максимально эффективный режим его работы.

Еще одна особенность источников этой серии – возможность работать в сквозном (bypass) режиме, при котором напряжение от батареи подается напрямую на выход источника. Этот режим включается при снижении напряжения питания до величины, равной установленному (с учетом падения напряжения на самом преобразователе). Обратный переход в синхронный режим также происходит автоматически. Сквозной режим можно активировать принудительно, установив величину управляющего напряжения >1,5 В. При уровне управляющего напряжения <100 мВ источник переходит в режим "сна" с потреблением тока порядка 70 мкА.

Преобразование напряжения в этих источниках происходит на частотах 3 и 6 МГц. В режиме преобразования FAN5903 обеспечивает ток нагрузки до 1,2 А, более мощный FAN5904 может работать в двух режимах – высокой мощности (ШИМ) с максимальным током нагрузки 2,3 А и низкой (ЧИМ/ШИМ) с током до 1,2 А. В сквозном режиме максимальный ток нагрузки составляет 3 А.

**Повышающие преобразователи для питания флеш-памяти.** ИВП MAX606/607 фирмы Maxim работают с входным напряжением от 3 до 5,5 В и обеспечивают либо фиксированное выходное напряжение 5 или 12 В, либо устанавливаемое в диапазоне от значения, равного входному напряжению до 12 В. Выходное напряжение задается подключением управляющего входа микросхемы к земле ( $U_{\text{вых}}=12$  В), ко входу преобразователя ( $U_{\text{вх}}=5$  В) либо резистивным делителем для установки промежуточного значения  $U_{\text{вых}}$ . Максимальный ток нагрузки при выходном напряжении 5 В составляет 180 мА.

Преобразователь MAX606 работает на частоте 1 МГц. Высота корпусов самой микросхемы и внешних рекомендованных производителем элементов (индуктивности 5 мкГн и конденсаторов 0,68 мкФ) – менее 1,35 мм, что позволяет использовать их в устройствах формата карт PCMCIA (тип III) или сходных по габаритам.

MAX607 предлагается использовать в тех случаях, когда нет строгих требований к высоте компонентов. Имея большую высоту корпуса (2,5 мм), он занимает меньшую по сравнению с MAX606 площадь. Частота работы его преобразователя – 500 кГц. Преимущество – меньший собственный ток потребления в режиме работы без нагрузки.

Микросхемы MAX606/607 поставляются в стандартных восьмивыводных корпусах SO и в корпусах  $\mu$ MAX, занимающих вдвое меньшую по сравнению с SO установочную площадь и имеющих высоту всего 1,11 мм.

**ИВП для ПЗС-матриц и OLED-дисплеев.** Специализированные источники MAX8614A/B предназначены для работы в фото/видеокамерах, смартфонах и т.д. Они имеют два выхода питания – положительный, который обеспечивает напряжение до 24 В при токе 50 мА, и отрицательный, обеспечивающий напряжение до величины  $U_{\text{вх}}=-16$  В. Оба входа можно регулировать автономно друг от друга. В зависимости от требований к питаемым устройствам есть возможность задавать последовательность включения линий питания – по очереди в любом порядке либо одновременно. Преобразователи обоих устройств работают на частоте 1 МГц. MAX8614B обеспечивает больший ток нагрузки по сравнению с MAX8614A.

Еще один ИВП для дисплеев, но на этот раз для питания TFT-матриц, предлагает фирма Analog Devices. Источник с накоплением заряда ADM8832 имеет три выхода с напряжением 5,1 В  $\pm 2\%$  (используется для питания контроллера LCD), 15,3 В и 10,2 В (питание самого дисплея) при входном напряжении 3 В. Максимальный выходной ток при этом составляет 5 мА для первого выхода и 50 мкА – для второго и третьего. ADM8832 имеет вход для переключения режимов работы. Во время обновления изображения (по терминологии Analog Devices – scanning mode), при котором ток потребления дисплея максимален, преобразователь работает с частотой 100 кГц со встроенным генератором. В остальное время, когда необходимо лишь поддерживать заряд конденсаторов матрицы (blanking mode), ИВП переключается на внешний тактовый генератор

с меньшей, заданной пользователем частотой. Внешний генератор позволяет подобрать наиболее эффективный и экономичный режим работы TFT-дисплея.

**ИВП для микропроцессоров.**

Семейство понижающих высокочастотных источников Texas Instruments TPS6236x (рис.10) предназначено для питания процессорных ядер в малогабаритных устройствах, работающих от батареи. Они обеспечивают пиковый ток нагрузки до 3 А при выходном напряжении от 0,77 до 1,4 В (TPS62360/62) или от 0,5 до 1,77 В (TPS62361/63). Выходное напряжение задается либо произвольно с точностью 10 мВ, либо выбирается из нескольких предустановленных значений. Источник управляется с помощью интерфейса I<sup>2</sup>C. Микросхема выпускается в корпусе размером 2×2 мм, а общая площадь, занимаемая элементами цепи питания на плате, составляет около 27,5 мм<sup>2</sup>.

**Драйверы светодиодов и OLED-дисплеев.** Микросхемы Fairchild FAN5331 и FAN5333A/B рекомендованы к применению в качестве драйверов для светодиодов и OLED-экранов. Высокая частота преобразования (1,6 МГц) позволяет снизить уровень помех. Источники FAN533A/B имеют вход обратной связи для поддержания постоянного уровня тока через цепь светодиодов. При превышении напряжения на контрольном резисторе преобразователь останавливается до момента, когда напряжение снизится до определенного предела.

В качестве примера ИВП с очень узкой специализацией можно привести импульсный преобразователь MAX8622, который предназначен для **быстрой зарядки конденсаторов фото вспышек**. При выходном токе 10 мА он обеспечивает выходное напряжение до 400 В. В отличие от рассмотренных выше маломощных источников этот преобразователь построен по прямоходовой схеме с КМОП-транзистором в качестве переключающего элемента и требует установки на плату трансформатора. Производитель рекомендует использовать этот источник в фотокамерах и смартфонах с питанием от двух NiMH- или щелочных батарей либо от одноэлементного Li+. Производитель гарантирует зарядку конденсатора емкостью 100 мкФ до напряжения 300 В за 2,8 с,

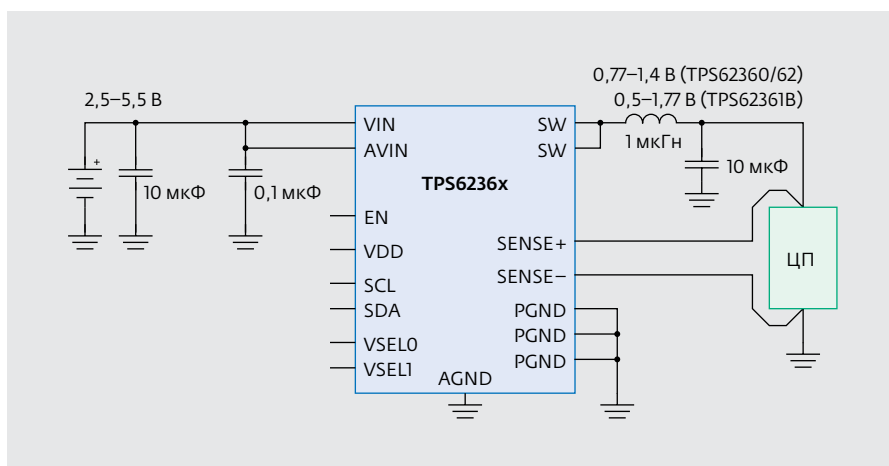


Рис.10. Схема включения источников семейства TPS6236x

при этом для экономии заряда и предотвращения износа батареи входной ток ограничивается. Желаемая величина тока разряда батареи может задаваться с помощью резистивного делителя. Каждые 11 с заряд обновляется, что поддерживает вспышку в постоянной готовности. Сигнал со специального выхода микросхемы позволяет контролировать готовность (полный заряд) конденсатора. Микросхема поставляется в корпусе TDFN размером 3×3 мм.

\*\*\*

Можно с уверенностью сказать, что сегодня есть возможность найти источник вторичного питания практически для любого, даже самого экзотического применения. В рамках одной статьи, конечно же, невозможно описать все существующие сегодня разновидности маломощных ИВП. Однако хочется надеяться, что эта статья поможет инженеру сориентироваться в этом весьма обширном секторе рынка электронных компонентов. ●