

Микросхемы для импульсных понижающих DC/DC-преобразователей со встроенным ключом от фирмы National Semiconductor

Несмотря на большую популярность законченных модульных DC/DC-преобразователей, часто возникает необходимость в разработке импульсных конвертеров под конкретный проект с минимальными размерами и максимальной эффективностью преобразования. Нереально создать универсальные источники питания (ИП) на все возможные случаи, поэтому многие производители выпускают разнообразные специализированные микросхемы для конкретных приложений. Они имеют высокую надежность, хороший КПД преобразования и низкую стоимость. Широкий спектр специализированных микросхем для построения DC/DC-преобразователей выпускает компания National Semiconductor. В этой статье рассматриваются представители микросхем конвертеров со встроенными силовыми ключами для индуктивных понижающих DC/DC-преобразователей.

Сергей ПИЧУГИН
Евгений ЗВОНАРЕВ
nsc@compel.ru,
Андрей НИКИТИН
nsc@rtcs.ru

Принцип управления контроллера преобразователя является главной частью, определяющей работу конвертера, поэтому выбор правильной топологии оптимизирует параметры и эффективность работы схемы. При проектировании импульсных стабилизаторов возникают два противоречивых момента. С одной стороны, желательно минимизировать количество внешних компонентов для упрощения схемы и уменьшения габаритов. С другой стороны, желательно предоставить разработчику возможность оптимизации параметров DC/DC-конвертера с помощью широкого выбора внешних компонентов. К примеру, это может быть регулировка частоты преобразования при помощи изменения номинала внешнего резистора. Этим и определяется широкий диапазон выпускаемых микросхем для построения импульсных DC/DC-преобразователей.

National Semiconductor подразделяет свои микросхемы для Buck (понижающих) конвертеров на три группы:

- конвертеры с допустимым входным напряжением более 25 В;
- конвертеры с допустимым входным напряжением от 7 до 25 В;
- конвертеры с допустимым входным напряжением менее 7 В.

Кроме того, выходные ключи могут быть как встроенными, так и внешними. В первом

случае ИС называют регуляторами, а во втором — контроллерами для DC/DC-преобразователей, подчеркивая этим необходимость подключения внешних ключевых транзисторов в выходном каскаде.

Основные параметры микросхем Buck-конвертеров со встроенными ключами и допустимым входным напряжением более 25 В приведены в таблице 1.

Большинство регуляторов этой группы имеют миниатюрные корпуса и позволяют создать DC/DC-конвертеры с широкими диапазонами входных напряжений (до 100 В).

Серия LM267x — стабилизаторы с входным напряжением 8–40 В, выходными токами до 5 А и фиксированной частотой коммутации 260 или 400 кГц. Режим управления — упреждающее регулирование по напряжению. Выпускаются варианты как с фиксированным значением выходного напряжения (3,3; 5 или 12 В), так и с регулируемым в пределах 1,2–37 В. Наличие встроенной коррекции цепи обратной связи позволяет достичь хороших параметров по точности выходного напряжения при минимальном числе внешних компонентов. Относительно высокая частота коммутации дает возможность уменьшить габариты элементов выходного фильтра.

Микросхемы серии LM2500x — семейство регуляторов с входным напряжением до 42 В, обладающих всеми функциями для построения высокоэффективных недорогих им-

пульсных преобразователей с максимальным током в нагрузке от 0,5 до 2,5 А. В составе серии отсутствуют микросхемы с фиксированным выходным напряжением — выходное напряжение регулируется номиналами внешних резисторов. Частота коммутации изменяется от 50 кГц в зависимости от соотношения входного и выходного напряжений.

Рассмотрим новый регулятор LM26001, схема включения которого и основные функции показаны на рис. 1.

Эта микросхема спроектирована для применения в преобразователях, где необходимо сохранить максимальную эффективность в «спящем» режиме, а также в режиме с малой или отсутствующей нагрузкой. Рабочая частота ШИМ может быть определена в диапазоне от 150 до 500 кГц номиналом внешнего резистора или синхронизирована внешним сигналом с входа SYNC. Сигнал на входе ENABLE позволяет включить или отключить преобразователь (управляемый режим «shutdown»). Кроме того, ИС имеет возможность формировать сигнал PowerGood, а режим «мягкого» запуска может задаваться внешним конденсатором. Состояние входа FPWM определяет возможность перехода ИС в «спящий» режим. Ток потребления в «спящем» режиме составляет менее 40 мкА, а в отключенном режиме — порядка 10 мкА.

Второй «яркий» представитель понижающих конвертеров с входным напряжением

Таблица 1. Buck-конвертеры National Semiconductor со встроенными ключами (Увх. макс. > 25 В)

Наименование	Вых.	Увх. (мин.), В	Увх. (макс.), В	Увх.; (Увх. рег.), В	Частота преобразования, кГц	Свойства	Корпус(а)
LM5009 (New)	150 мА	9	100	Увх. рег. (2,5 В мин.)	50–800	встроенный N-канальный MOSFET 100 В, 0,25 А	MSOP-8, LLP-8
LM5008	300 мА	9	100	Увх. рег. (2,5 В мин.)	50–800	встроенный N-канальный MOSFET 100 В, 0,5 А	MSOP-8, LLP-8
LM2574	500 мА	4,75	40	3,3; 5; 12; 15; (1,23–37)	52	SIMPLE SWITCHER 1 DC/DC преобразователь	SOIC-14, DIP-8, D, W
LM2574HV	500 мА	4,75	60	3,3; 5; 12; 15; (1,23–57)	52	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	SOIC-14, DIP-8, D, W
LM2594	500 мА	4,5	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	SOIC-8, DIP-8, D, W
LM2594HV	500 мА	4,5	60	3,3; 5; 12; (1,23–57)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	SOIC-8, DIP-8, D, W
LM2597	500 мА	4,5	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	SOIC-8, DIP-8, D, W
LM2597HV	500 мА	4,5	60	3,3; 5; 12; (1,23–57)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	SOIC-8, DIP-8, D, W
LM2671	500 мА	8	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	260–400	SIMPLE SWITCHER DC/DC (точность 1,5%)	SOIC-8, DIP-8, LLP-16, D, W
LM2674	500 мА	8	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	260	SIMPLE SWITCHER DC/DC (точность 1,5%)	SOIC-8, DIP-8, LLP-16, D, W
LM5007	500 мА	9	75	Увх. рег. (2,5 В мин.)	50–800	встроенный N-канальный MOSFET 80 В, 0,7 А	MSOP-8, LLP-8
LM25007	500 мА	9	42	Увх. рег. (2,5 В мин.)	50–800	встроенный N-канальный MOSFET 42 В, 0,7 А	MSOP-8, LLP-8
LM2694 (New)	600 мА	8	30	Увх. рег. (2,5 В мин.)	50–800	ультрабыстрый отклик, 3×3 мм корпус LLP	eTSSOP-14, LLP-10
LM3578A	750 мА	2	40	Увх. рег. (1,0 В мин.)	1–100	минимальное выходное напряжение 1 В	SOIC-14, DIP-8, D, W
LM2695 (New)	750 мА	8	30	Увх. рег. (2,5 В мин.)	50–800	ультрабыстрый отклик	eTSSOP-14, LLP-10
LM2575	750 мА	4,75	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	52	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	SOIC-24, DIP-16, TO-263-5, TO-220-5, D, W
LM2575HV	750 мА	4,75	60	3,3; 5; 12; (1,23–57)	52	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	SOIC-24, DIP-16, TO-263-5, TO-220-5, D, W
LM2590HV	750 мА	4,5	60	3,3; 5; (1,23–57)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	TO-263-7, TO-220-7, D, W
LM2591HV	1 А	4,5	60	3,3; 5; (1,23–57)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	TO-263-7, TO-220-7, D, W
LM2595	1 А	4,5	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	TO-263-5, TO-220-5, D, W
LM2598	1 А	4,5	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	TO-263-5, TO-220-5
LM2672	1 А	8	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	260–400	SIMPLE SWITCHER DC/DC (точность 1,5%)	SOIC-8, MDIP-8, LLP-16, D, W
LM2675	1 А	8	40	3,3; 5; 12; (1,23–37)	260	SIMPLE SWITCHER DC/DC (точность 1,5%)	SOIC-8, MDIP-8, LLP-16, D, W
LM2825	1 А	4,5	40	3,3; 5; 12; (1,23–8)	150	не требуется внешних компонентов	MDIP-24
LM2825H	1 А	9	40	Увх. рег. (7–15 В)	150	не требуется внешних компонентов	MDIP-24
LM5010A	1 А	6	75	Увх. рег. (2,5 В мин.)	50–800	ультрабыстрый отклик	eTSSOP-14, LLP-10
LM25010	1 А	6	42	Увх. рег. (2,5 В мин.)	50–1000	ультрабыстрый отклик	TSSOP-14, LLP-10
LM3100	1,5 А	4,5	36	Увх. рег. (0,8 В мин.)	до 1000	SIMPLE SWITCHER (синхронный)	eTSSOP-20
LM78S40	1,5 А	2,5	40	Увх. рег. (1,25 В мин.)	0,1–100	Встроенный диод (1,5 А)	DIP-16, D, W
LM26001 (New)	1,5 А	3	38	Увх. рег. (1,25 В мин.)	150–1000	Потребление в режиме sleep 40 мкА	eTSSOP-16
LM2592HV	2 А	4,5	60	3,3; 5; (1,23–57)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC преобразователь	TO-263-5, TO-220-5, D, W
LM2593HV	2 А	4,5	60	3,3; 5; (1,23–57)	150	SIMPLE SWITCHER с выходом error (ошибка)	TO-263-7, TO-220-7, D, W
LM5005	2,5 А	7	75	Увх. рег. (1,225–63 В)	50–500	точность 1,5%, режим current mode control	TSSOP-20
LM25005	2,5 А	7	42	Увх. рег. (1,225–37 В)	50–500	точность 1,5%, режим current mode control	TSSOP-20
LM2670	3 А	8	40	3,3; 5; 12; (1,21–37)	260–400	SIMPLE SWITCHER DC/DC (точность 2%)	TO263-7, TO220-7, LLP-14, D, W
LM2673	3 А	8	40	3,3; 5; 12; (1,21–37)	260	Точность 2%; регулировка ограничения тока	TO263-7, TO220-7, LLP-14
LM2676	3 А	8	40	3,3; 5; 12; (1,21–37)	260	SIMPLE SWITCHER DC/DC (точность 2%)	TO263-7, TO220-7, LLP-14, D, W
LM2596	3 А	4,5	40	3,3; 5; 12; (1,21–37)	150	SIMPLE SWITCHER DC/DC	TO-263-5, TO-220-5, D, W
LM2599	3 А	4,5	40	3,3; 5; 12; (1,21–37)	150	SIMPLE SWITCHER с выходом error (ошибка)	TO-263-7, TO-220-7, D, W
LM2576	3 А	4,75	40	3,3; 5; 12; 15; (1,21–37)	52	SIMPLE SWITCHER DC/DC	TO-263-5, TO-220-5, D, W
LM2576HV	3 А	4,75	60	3,3; 5; 12; 15; (1,21–37)	52	SIMPLE SWITCHER DC/DC	TO-263-5, TO-220-5, D, W
LM2678	5 А	8	40	3,3; 5; 12; (1,21–37)	260	SIMPLE SWITCHER DC/DC (точность 2%)	TO-263-7, TO-220-7, LLP-14
LM2679	5 А	8	40	3,3; 5; 12; (1,21–37)	260	Точность 2%; регулировка ограничения тока	TO-263-7, TO-220-7, LLP-14

¹ SIMPLE SWITCHER - зарегистрированный логотип National Semiconductor

более 25 В — синхронный регулятор LM3100, относящийся к семейству Simple Switcher, его рекомендуемая схема включения и некоторые особенности приведены на рис. 2. Синхронный преобразователь — это вариант, при котором вместо диода в качестве нижнего ключа применяется MOSFET-транзистор, что обеспечивает очень малые потери преобразования при больших потребляемых токах

и низких выходных напряжениях. Основное назначение LM3100 — DC/DC-преобразователи с высоким значением КПД и низкой стоимостью для выходных токов до 1,5 А и выходных напряжений от 0,8 В. При этом, несмотря на большой максимальный рабочий ток (до 1,6 А), микросхема LM3100 имеет очень компактный корпус eTSSOP-20. Гистерезисный принцип управления с фиксиро-

ванным временем открытого состояния верхнего ключа Constant ON-Time (COT) не требует наличия внешних цепей компенсации обратной связи и позволяет быстро отслеживать и компенсировать резкие изменения во входном напряжении и в нагрузке. Высокая частота преобразования позволяет уменьшить размеры внешних пассивных компонентов. LM3100 способен работать с керамическими и прочими конденсаторами с очень низким внутренним сопротивлением. Зависимость КПД от выходного тока при различных входных напряжениях отображена на рис. 3.

Диапазон рабочих температур всех микросхем первой группы из таблицы 1 составляет $-40...+125$ °C.

Основные параметры микросхем Buck-конвертеров со встроенными ключами и допустимым входным напряжением от 7 до 25 В приведены в таблице 2.

Стабилизаторы LM273x позволяют разрабатывать источники питания с быстрой переходной характеристикой, хорошими характеристиками по точности и с минимумом внешних компонентов. Малое время переключения ключевого транзистора обеспечи-

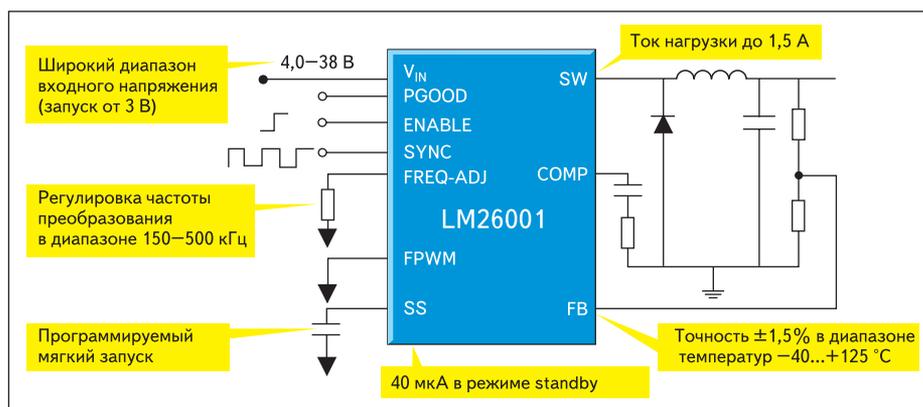


Рис. 1. Типовая схема включения и основные функции регулятора LM26001

Таблица 2. Buck-конвертеры National Semiconductor с встроенным ключом (Увхода макс. от 7 до 25 В)

Наименование	Ивых.	Увх. (мин.), В	Увх. (макс.), В	Увых; (Увых. рег.), В	Частота преобразования, кГц	Свойства	Корпус(а)
LM2736	750 мА	3	18	Увых. рег. (1,25–16)	550, 1600	Защита от перегрева и перенапряжения, мягкий старт	SOT23-6
LM2734	1 А	3	20	Увых. рег. (0,8–18)	550, 1600	Защита от перегрева и перенапряжения, мягкий старт, 30 нА в режиме shutdown	SOT23-6, LLP-6
LM1572	1,5 А	8,5	16	3,3; 5; Увых. рег. (2,4–5)	500	Точность выходного напряжения 2%	TSSOP-16
LM2651	1,5 А	4	14	1,8; 2,5; 3,3; Увых. рег. (1,24–13)	300	Максимальный ток в режиме shutdown 20 мкА (типичное значение 7 мкА)	TSSOP-16, D, W
LM2653	1,5 А	4	14	Увых. рег. (1,24–5)	300	Максимальный ток в режиме shutdown 20 мкА (типичное значение 7 мкА)	TSSOP-16
LM2655	2,5 А	4	14	3,3; Увых. рег. (1,24–13)	300	Максимальный ток в режиме shutdown 20 мкА (во всем диапазоне от –40 до 125°C)	TSSOP-16, D
LM2650	3 А	4,5	18	Увых. рег. (1,25–16)	90–300	Максимальный ток в режиме shutdown 25 мкА (во всем диапазоне от –40 до 125°C)	SOIC-24
LM2696	3 А	4,5	24	Увых. рег. (1,25 В мин.)	100–500	Ультразвучный отклик, защита от перегрева	eTSSOP-16

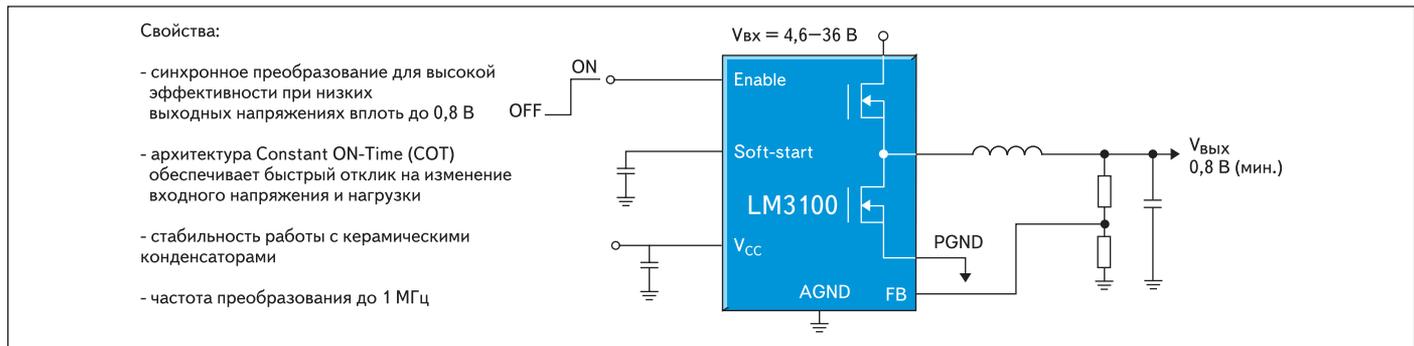


Рис. 2. Типовая схема включения и особенности регулятора LM3100

вает стабильность даже низких значений выходных напряжений. В преобразователях

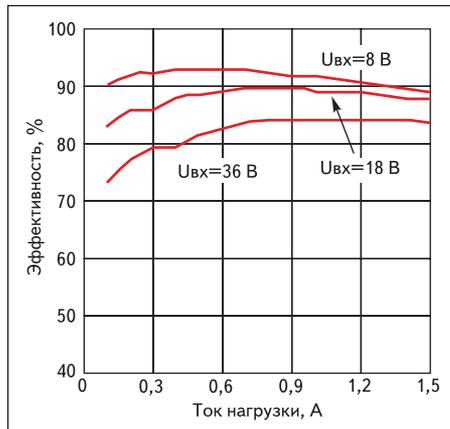


Рис. 3. Зависимость КПД от тока нагрузки для разных входных напряжений LM3100

LM273x используется режим управления по току и внутренняя коррекция сигнала обратной связи, что обеспечивает эффективную стабилизацию в широком диапазоне входных напряжений и токов нагрузки. Стабилизаторы имеют вход отключения нагрузки и встроенную схему плавного старта, снижающую броски тока при включении питания. Рабочая частота у микросхем этой группы LM2736X и LM2734X составляет 1,6 МГц, а у LM2736Y и LM2734Y рабочая частота равна 550 кГц. Разработчик может выбрать микросхему с высокой частотой преобразования 1,6 МГц (с окончанием Y), что позволит ему уменьшить габариты внешних пассивных компонентов, но при этом, из-за больших потерь на переключение, снизится эффективность при малых токах нагрузки. Разработчик также может остановиться на версии этих регуляторов с частотой преобразования 550 кГц (с окончанием X), и при

этом, в ущерб размерам индуктивности и фильтрующих конденсаторов, получить более высокий КПД в широком диапазоне выходных токов. Существенная разница в потерях преобразования двух версий регуляторов наблюдается при малых токах нагрузки — от 10 до 100 мА. Все сказанное выше хорошо иллюстрирует рис. 4.

LM269x — семейство регуляторов, ориентированных на использование в недорогих вторичных источниках питания с высоким КПД. Схема обратной связи не требует корректирующей цепи, что обеспечивает быструю переходную характеристику и упрощает применение микросхем. Частота коммутации задается номиналом внешнего резистора, регулируется в пределах от 50 до 800 кГц и остается постоянной независимо от изменения входного напряжения или сопротивления нагрузки. Режим управления — обратная связь по напряжению.

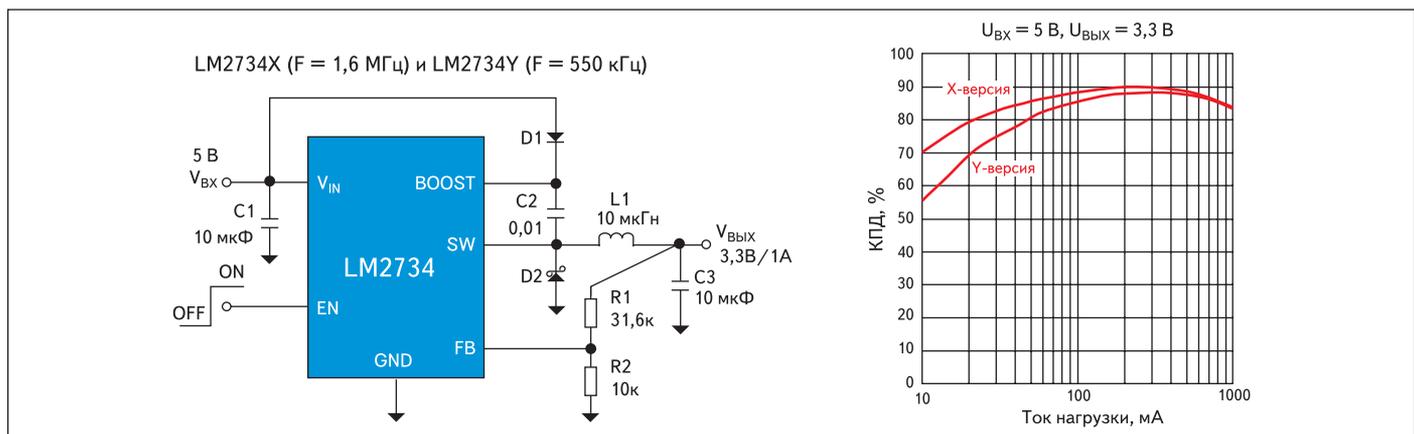


Рис. 4. Типовая схема включения LM2734X и LM2734Y и зависимости КПД преобразования от тока нагрузки

Таблица 3. Buck-конвертеры National Semiconductor со встроенным ключом (Uвх макс. меньше 7 В)

Наименование	Вых.	Uвх. (мин.), В	Uвх. (макс.), В	Uвых; (Uвых. рег.), В	Частота преобразования, кГц	Iq*, мкА	Диапазон темп., °С	Свойства	Корпус(а)
С синхронным преобразованием									
LM3670	350 мА	2,5	5,5	1,2–3,3; (0,7–2,5)	1000	15	–40...125	PWM/PFM** (ШИМ/ЧИМ)	SOT23-5
LM3673 (New)	350 мА	2,7	5,5	(Uрег. = 1,2–1,875)	2000	16	–30...85	PWM/PFM (ШИМ/ЧИМ)	micro SMD-5
LM2608	400 мА	2,8	5,5	1,3; 1,5; 1,8	500–1000	3	–25...85	микромощный	micro SMD-10
LM2612	400 мА	2,8	5,5	1,05; 1,3; 1,5; 1,8	500–1000	3	–25...85	микромощный	micro SMD-10
LM2614	400 мА	2,8	5,5	(Uрег. = 1–3,6)	500–1000	3	–25...85	микромощный	micro SMD-10
LM2618	400 мА	2,8	5,5	1,8; 1,83; 1,87; 1,92	500–1000	3	–25...85	PFM (ЧИМ), микромощный	micro SMD-10
LM3661	450 мА	2,7	5,5	1,05; 1,25; 1,35; 1,4	600	29	–30...85	Buck + LDO (встроенный LDO-стабилизатор)	micro SMD-10
LM2619	500 мА	2,8	5,5	(Uрег. = 1,5–3,6)	500–1000	3	–25...85	микромощный	TSSOP-14, micro SMD-10
LM3671	600 мА	2,7	5,5	1,2–3,3; (Uрег. = 1,1–3,3)	2000	15	–30...125	PWM/PFM (ШИМ/ЧИМ)	micro SMD-5, SOT23-5
LM3674	600 мА	2,7	5,5	1,2–3,3; (Uрег. = 1,1–3,3)	2000	15	–30...125	PWM (только ШИМ)	micro SMD-5, SOT23-5
LM2852	2 А	2,9	5,5	3,0; 3,3; 2,5; 1,8; 1,5; 1,2; 1; 0,8	500, 1500	10	–40...125	защита от перегрева	eTSSOP-14
Без синхронного преобразования									
LM2830 (New)	1 А	3	5,5	Uвых. рег. = 0,6–4,5	1600, 3000	3300	–40...125	встроенная схема мягкого запуска	SOT23-5, LLP-6
LM2831 (New)	1,5 А	3	5,5	Uвых. рег. = 0,6–4,5	550, 1600, 3000	3300	–40...125	встроенная схема мягкого запуска	SOT23-5, LLP-6
LM2832 (New)	2 А	3	5,5	Uвых. рег. = 0,6–4,5	550, 1600, 3000	3300	–40...125	встроенная схема мягкого запуска	LLP-6, eMSOP-8

*Iq (мкА) — ток потребления при отключенной нагрузке

**PWM/PFM = ШИМ/ЧИМ = Pulse-Width Modulation/Pulse-Frequency Modulation (широко-импульсная модуляция/частотно-импульсная модуляция)

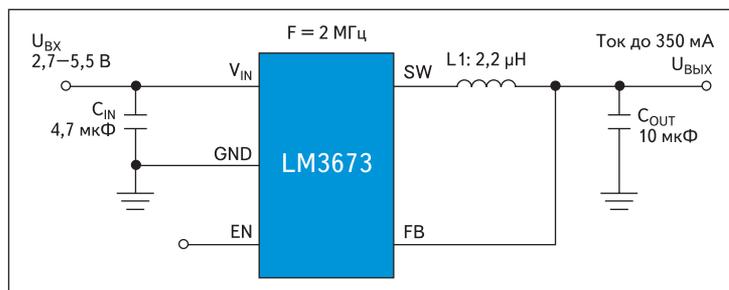


Рис. 5. LM3673 — типовая схема включения

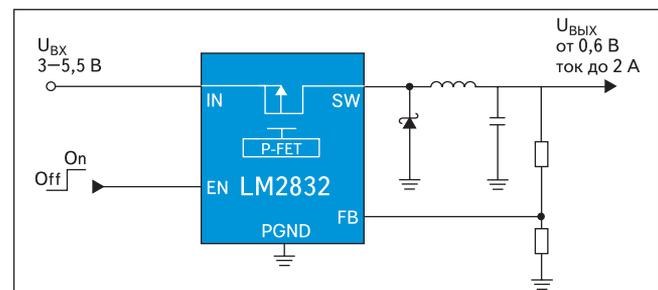


Рис. 6. Типовая схема включения LM2832

Диапазон рабочих температур всех микросхем второй группы из таблицы 2 — от –40 до +125 °С.

Основные параметры индуктивных Buck-конвертеров с входным напряжением меньше 7 В сведены в таблицу 3.

Как видно из таблицы 3, регуляторы третьей группы для низких допустимых входных напряжений (меньше 7 В) производитель подразделяет на две подгруппы — синхронные и несинхронные. Максимальная частота преобразования новых микросхем без синхронного преобразователя достигает 3 МГц.

Серия LM367x — серия низковольтных стабилизаторов с малыми значениями выходных токов. Режим управления коэффициентом заполнения — упреждающее регулирование по напряжению. Миниатюрные регуляторы серии LM367x предназначены для применения в схемах с питанием от батарейных элементов или от низковольтных шин питания. Стабилизаторы этой серии являются оптимальным решением для различных мобильных устройств. На рис. 5 представлена типовая схема включения регулятора LM3673.

Особенностью стабилизаторов серии LM367x является автоматическое переключение между двумя режимами управления ключевым элементом: режимом широтно-импульсной модуляции и режимом частотно-импульсной модуляции. В режиме ШИМ устройство работает на фиксированной час-

тоте 2000 кГц (для LM3670 — 1000 кГц). При этом обеспечивается низкий уровень шумов и высокий КПД. Режим ЧИМ является оптимальным при малых токах нагрузки, поскольку снижает потребляемый стабилизатором ток. Переключение из режима ЧИМ в режим ШИМ происходит при превышении тока в нагрузке значения 70–80 мА. Обратное переключение происходит при снижении тока в нагрузке ниже 30–35 мА.

Семейство интегральных стабилизаторов серии LM283x — высокочастотные понижающие преобразователи, выполненные в миниатюрных корпусах SOT23 или LLP. Микросхемы обеспечивают все необходимые функции для построения низковольтных локальных DC/DC-преобразователей с быстрой переходной характеристикой и высокой точностью стабилизации при минимальной занимаемой площади на печатной плате. Стабилизаторы семейства LM283x просты в применении, поскольку требуют минимального количества внешних компонентов. На рис. 6 представлена типовая схема включения представителя этого семейства — регулятора LM2832.

Особенностью этой серии является высокое значение удельной мощности как результат использования технологии BiCMOS 0,5 мкм. Кроме того, малое время переключения силового выходного транзистора (30 нс) позволяет формировать сверхмалые значения вы-

ходного напряжения во всем диапазоне входного напряжения. Высокое значение частоты коммутации позволяет использовать катушки с малой индуктивностью, в том числе катушки для поверхностного монтажа. Стабилизаторы серии LM283x используют режим управления по току и встроенные цепи коррекции сигнала обратной связи, что позволяет обеспечивать точность стабилизации не хуже 2% даже при сверхмалых значениях выходного напряжения.

Основные области применения: локальное питание для FPGA, силовые устройства USB, модемы и т. п.

В статье были рассмотрены понижающие импульсные регуляторы напряжения. В этом классе устройств National Semiconductor выпускает весьма широкую гамму приборов. Приемлемая цена, высокая надежность, возможность использования онлайн-программной оболочки WEBENCH для расчета и подбора элементов DC/DC-преобразователя делает эти изделия весьма привлекательными для широкого круга разработчиков. ■

Литература

1. www.national.com/appinfo/power/files/national_power_designer111.pdf
2. www.national.com/pf/LM/LM2832.ht ml
3. www.national.com/pf/LM/LM26001.ht ml
4. www.national.com/pf/LM/LM2734.ht ml