

Элементная база и способы ее применения для решения задач управления питанием светодиодов

Сегодня светодиоды и их сборки нашли широкое применение в самой различной технике. Подсветка дисплеев в портативных устройствах, передача информации или световая сигнализация осуществляется за счет светодиодов различной мощности. При разработке устройств на базе светодиодов важным фактором является то, что для достижения стабильности параметров излучения светодиодов необходим источник с высокой стабильностью выходного тока. Например, для обеспечения стабильного питания элементов подсветки сотового телефона необходимо повышать напряжение аккумуляторной батареи, что отрицательным образом сказывается на времени работы от заряженных батарей. Один из выходов в этой ситуации — применение повышающего DC/DC преобразователя, обеспечивающего высокую эффективность, но, к сожалению, приводящего к повышению стоимости разработки и увеличению ее массо-габаритных характеристик, что допустимо далеко не в каждом приложении. Целью данной статьи является обзор современных решений для управления питанием светодиодов на базе элементной базы мировых лидеров по производству микросхем управления питанием.

Евгений БИРЮКОВ
Дмитрий САФАРГАЛЕЕВ

Основные сведения

Светодиод — токовый прибор, параметры свечения которого определяются стабильностью силы тока в цепи. Это является общим правилом для всех светодиодов, вне зависимости от их типа, размера и мощности. Производители светодиодов предоставляют множество различных параметров своей продукции (световой поток, диаграмма излучения, координаты цветности, номинальный прямой ток и пр.), но с точки зрения питания светодиода особое внимание разработчику следует уделять значению постоянного тока (I_f) при определенном прямом напряжении (V_f). Как правило, светодиоды, используемые в портативных электронных устройствах, работают при токе до 30 мА и напряжении питания около 4 В (наиболее распространенное «стандартное» напряжение аккумуляторной батареи составляет 3,7 В). Очевидно, что если используется несколько светодиодов (что чаще всего имеет место в реальных устройствах), то необходима организация схемы питания, обеспечивающая их одинаковым значением тока при параллельном включении. Все стабилизаторы напряжения гарантируют постоянное значение выходного напряжения независимо от тока нагрузки (в определен-

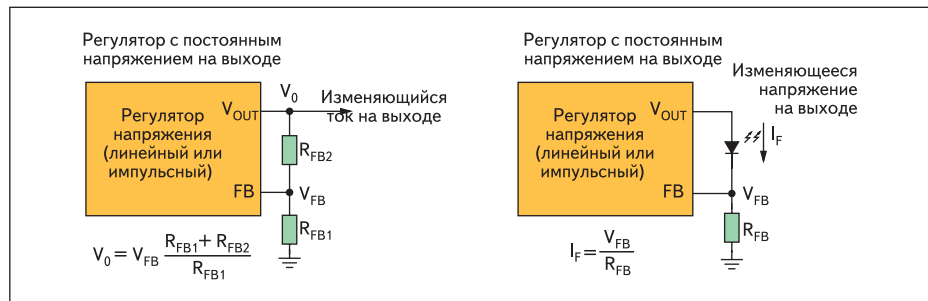


Рис. 1. Регуляторы напряжения с постоянным значением напряжения и тока на выходе

ных пределах) (рис. 1), что не подходит для качественного питания светодиодов.

Как было указано, условия достижения определенных параметров светового излучения зачастую требуют уровня напряжения питания, меньшего, чем поступает от автономного источника питания устройства. Итак, повышение напряжения необходимо вследствие следующих причин:

1. Для батарейных приборов напряжение источника недостаточно для поддержания постоянства тока через светодиод при разряде батареи.
2. Для схем с последовательным включением светодиодов, очевидно, требуется на-

пряжение большего номинала, чем напряжение батарей.

При рассмотрении микросхем, управляющих работой светодиодов высокой яркости, следует учесть, что напряжение питания может принимать три значения относительно указанной в технической документации характеристики светодиода:

- напряжение питания выше необходимого номинального значения;
- напряжение питания ниже требуемого предела;
- характеристики питающего элемента частично перекрывают диапазон необходимых напряжений.

Соответственно необходимо повышать или понижать напряжение для его максимально близкого совпадения со значением, обеспечивающим требуемые характеристики излучения. Наиболее простой способ понижения напряжения — применение линейного стабилизатора, параметры стабилизации которого задаются при помощи пары резисторов обратной связи. Один из резисторов помещается в цепи питания светодиодов и выполняет функции датчика тока. За счет такого решения создается обратная связь, что позволяет обеспечить стабильный ток через светодиоды. Схемы на линейных стабилизаторах достаточно просты, не требуют большого числа внешних компонентов и не генерируют электромагнитных помех. Однако не стоит забывать, что у них есть и недостатки, такие как небольшой КПД и довольно большая рассеиваемая мощность. Потери линейного регулятора напряжения могут быть оценены из следующего соотношения:

$$P_{\text{diss}} = (V_{\text{in}} - n \times V_f) \times I_f, \quad (1)$$

где n — количество светодиодов в линейке.

При токе питания светодиодов 350 мА и выше на линейный стабилизатор напряжения необходимо устанавливать радиатор, чтобы обеспечить допустимые режимы работы, однако это приводит к увеличению стоимости, габаритов и массы конечного изделия.

Альтернативное решение применения линейного стабилизатора напряжения — использование понижающего регулятора (в зарубежной литературе *step-down* или *buck regulator*). Отличительными особенностями микросхем, выполняющих функцию понижения напряжения, является высокая эффективность при относительно небольшой стоимости, многие регуляторы работают на частоте более 1 МГц, что позволяет применять миниатюрные внешние компоненты и при этом обеспечивать ток нагрузки вплоть до 1 А.

Применение повышающего преобразователя напряжения (*bust converter*) необходимо при невозможности источника питания, например, аккумуляторной батареи, сохранить требуемый уровень напряжения для последовательной цепочки светодиодов. Данный тип микросхем способен обеспечивать ток нагрузки от 350 мА в широком диапазоне входных напряжений, кроме того, некоторые микросхемы имеют в своем составе встроенный ключ, что дополнительно экономит место на плате. Также из-за управления большими выходными токами микросхемы снабжены схемами защиты от перегрузок по току и напряжению.

Сегодня светодиоды высокой яркости все чаще применяются в устройствах, обеспечивающих функции освещения, постепенно вытесняя лампы накаливания (настольные светильники, дежурное и аварийное освещение, художественная подсветка). При частичном перекрытии выходного напряжения микро-

Таблица 1. Виды индуктивных регуляторов напряжения

Микросхема	Uвх, В	Uвых, В	Iвых, мА	Нсвет.	Частота, МГц	Производитель	Корпус
LM3224	2,7–7	20	1000	20	1,25	National	MSOIC-8
LM2705	2,7–7	20	40	2	—	National	SOT23-5
LM3550/1	2,7–7	16	70	4	1	National	microSMD-8
LM3520	2,7–5,5	—	120	4, OLED	1,1	National	LLP-14
LT1932	1–10	36	780	4	1,2	Linear	ThinSOTTM
LT3466-1	2,7–24	39,5	400	10	1	Linear	DFN-10
FAN4855	1,6–4,5	5	500	4	—	Fairchild	TSSOP-8
FAN5606	2,7–5,5	24	25	6	0,5	Fairchild	MLP-8

схемы питающего диапазона для сохранения стабильности световых характеристик необходима способность как повышения, так и понижения напряжения. Решить данную задачу можно, применяя так называемые SEPIC, CUK-регуляторы или стандартные обратные преобразователи.

Традиционно в зависимости от типа и схемы включения светодиодов различают два типа микросхем, осуществляющих питание: индуктивные повышающие преобразователи и конвертеры на переключаемых конденсаторах. Рассмотрим каждый из них подробнее.

Индуктивные повышающие конвертеры

Конвертеры с индуктивностью в схеме обычно используют в устройствах, где необходим высокий КПД преобразования. Отличительной особенностью данных микросхем является возможность работы с большими токами, поэтому они применяются в устройствах с большим количеством светодиодов

или в фотоаппаратах в схеме питания мощного светодиода вспышки. Кроме этого, с помощью ШИМ (широтно-импульсной модуляции) или ЧИМ (частотно-импульсной модуляции) можно управлять яркостью свечения светодиодов: это интересное решение для регулирования подсветки в зависимости от степени освещенности помещения.

Как видно из таблицы 1, где представлены современные микросхемы для питания светодиодов, индуктивные преобразователи способны питать до 20 светодиодов одновременно, и при этом выходной ток может составлять до 1000 мА. Отдельно стоит отметить преобразователи LT1932 и FAN4855, отличительной особенностью которых является входной диапазон напряжений от 1 и 1,6 В соответственно. В связи с бурным развитием в последнее время различных портативных устройств, питаемых от ячеек типа AA или AAA, эти приборы весьма актуальны. Микросхема FAN4855 представляет собой маломощный импульсный регулятор напряжения, спроектированный для преобразования не-

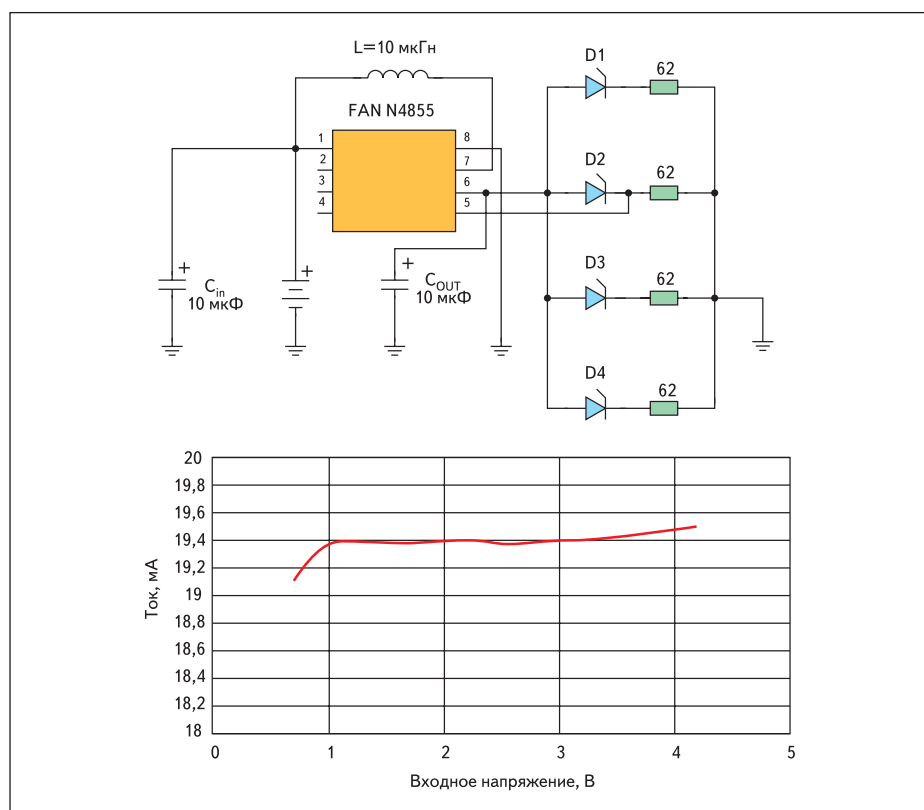


Рис. 2. Схема включения и график зависимости тока от напряжения FAN4855

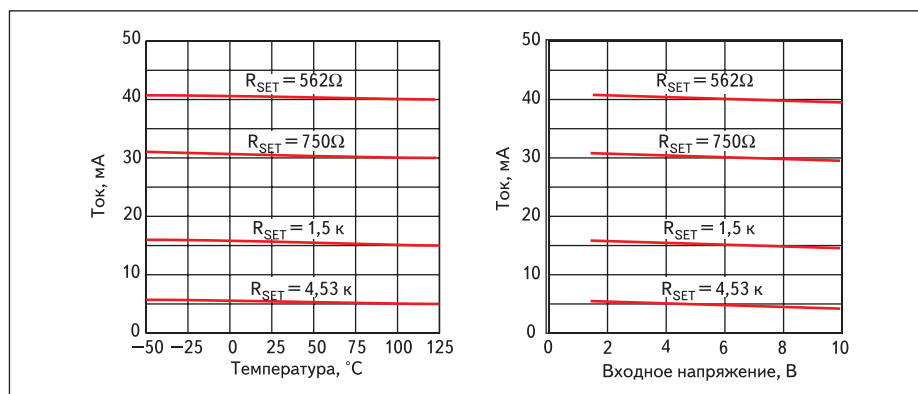


Рис. 3. Графики зависимости выходного тока

больших постоянных напряжений в приборах с батарейным питанием. Данный конвертер начинает свою работу при напряжении 1,3 В и только после понижения входного напряжения ниже 1 В микросхема заканчивает преобразование. Ток нагрузки составляет до 500 мА, а выходной диапазон задается внешним резистором от 3,3 до 5 В. Ток покоя менее 10 мкА значительно продлевает работоспособность устройства без вынужденной замены элементов его питания. На рис. 2

приведена типичная схема включения микросхемы FAN4855 для осуществления питания 4-х параллельно включенных светодиодов. Можно заметить, что в диапазоне от 1 до 4 В значение тока на выходе практически не меняется и составляет 19,4 мА.

Компания Linear Technology предлагает аналогичную микросхему LT1932, но имеющую более широкий диапазон рабочих напряжений от 1 до 10 В. В зависимости от типа светодиода инженер имеет возможность

задать внешний ток за счет варьирования сопротивления резистора, которое можно определить из следующего выражения:

$$R_{SET} = 225 \times (0,1V/I_{LED}). \quad (2)$$

На рис. 3 приведены графики зависимости выходного тока LT1932 согласно уровням входного напряжения и температуры. Следует отметить, что значение тока остается постоянным в большом диапазоне напряжений, чем у FAN4855, и достигает 10 В. Ту же стабильность можно наблюдать и на температурном графике, причем для всех значений выходных токов.

Приведем в качестве примера микросхему LM3501 от National Semiconductor (рис. 4). Данный повышающий DC/DC преобразователь работает на постоянной частоте 1 МГц и является оптимальным решением для подсветки дисплеев с помощью светодиодов. Благодаря высокой частоте преобразования разработчики получают возможность применять малогабаритные конденсаторы с высоким значением эквивалентного последовательного сопротивления (ESR), что положительно отражается на стоимости конечного устройства. Микросхема может питать до четырех светодиодов одновременно от аккумуляторной батареи типа Li-Ion или NiMH. С помощью внешнего резистора пользователь получает возможность задавать значение тока через светодиодную линейку, а если необходимо плавное изменение яркости подсветки, в преобразователе предусмотрен выход для подключения внешнего ЦАП или микроконтроллера.

В качестве еще одного решения рассмотрим микросхему LM3224, отличительной особенностью которой является наличие встроенного ключа с сопротивлением открытого канала 0,15 Ом и возможностью коммутировать токи до 2,45 А (типичное значение). Частота коммутации может быть задана с помощью специального вывода (FSLCT). Конвертер преобразовывает входное напряжение 3,3 В в выходное 8 В и 23 В. Наличие в микросхеме мощного коммутирующего элемента позволяет использовать данный тип преобразователя для управления мощным светодиодом во вспышках фотоаппаратов (рис. 5).

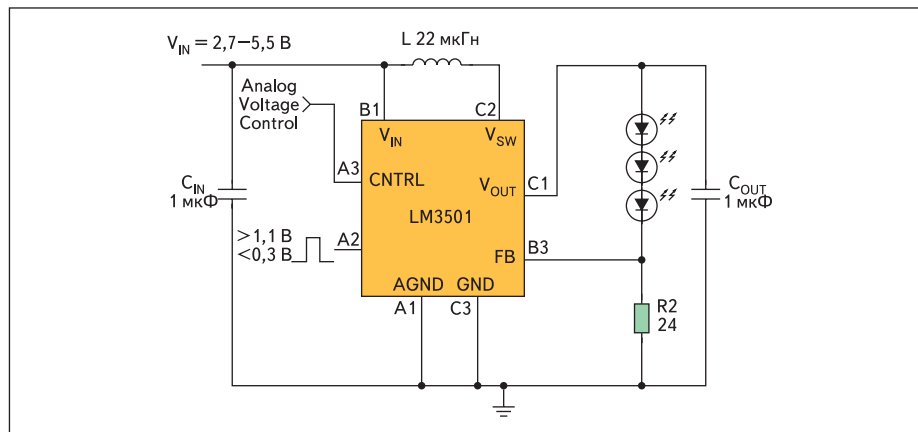


Рис. 4. Схема включения микросхемы LM3501

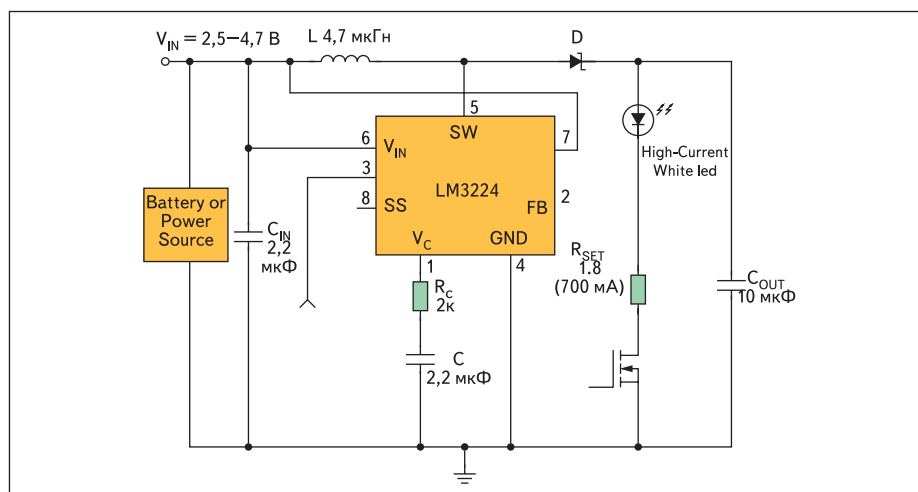


Рис. 5. Схема включения микросхемы LM3224

Повышающие преобразователи на переключаемых конденсаторах

Остановимся чуть подробнее на схеме управления светодиодами, построенной на конвертере с переключаемыми конденсаторами (switched capacitor converter).

В этом разделе нам придется иметь дело с так называемыми переключаемыми конденсаторами (switched capacitor), поэтому немного вспомним теорию пассивных элементов электрических цепей. Известно, что конденсатор — это элемент, способный запасать и мгновенно отдавать заряд (рис. 6а, б), равный:

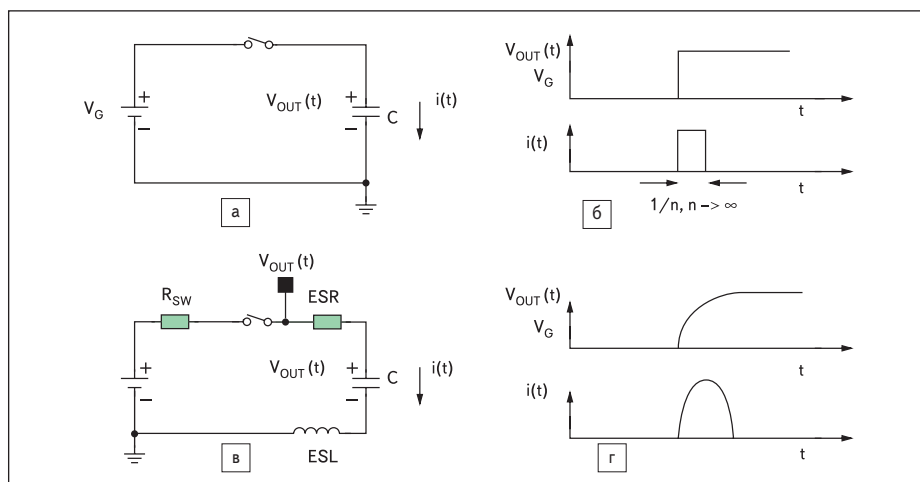


Рис. 6. Отличия реального конденсатора от идеального

$$Q = C \times V_g, \quad (3)$$

где C — емкость конденсатора, Φ ; V_g — напряжение, В.

К сожалению, конденсаторы не являются идеальными элементами и, в отличие от приведенного нами примера, имеют эквивалентное последовательное сопротивление (ESR) и эквивалентную последовательную индуктивность (ESL), обусловленные внутренней конструкцией компонента. Эти паразитные характеристики не влияют на возможность конденсатора хранить запасенную им энергию, но могут существенно сказаться на эффективности источника питания, в состав которого войдет данный компонент. Думаем, что большинство разработчиков источников питания знакомы с этой проблемой. На рис. 6в, г проиллюстрирован процесс заряда и разряда неидеального конденсатора, где R_{sw} — сопротивление ключевого элемента преобразователя на переключаемых конденсаторах. Как можно увидеть из графика, паразитные элементы отрицательно сказываются на пиковом значении тока, уменьшая его, и также приводят к увеличению времени нарастания сигнала.

Из всего этого делаем вывод, что заряд конденсатора не может мгновенно измениться.

Эта особенность нашла применение в схемах с накачкой заряда, пример которой приведен на рис. 7а. Процесс изменения напряжения в конденсаторе состоит из двух фаз. Во время первой фазы ключи S1 и S2 закрыты, а S3 и S4 открыты, и процесс заряда можно описать следующим выражением:

$$V_{C1+} - V_{C1-} = V_{C1+} = V_{IN}. \quad (4)$$

В течение второй фазы ключи S3 и S4 закрыты, а S1 и S2 открыты. Так как напряжение на емкости не может измениться мгновенно, выходное напряжение повышается до двойного значения его входной величины:

$$V_{C1+} - V_{C1-} = V_{OUT} - V_{IN} = V_{IN} \times V_{OUT} = 2V_{IN}. \quad (5)$$

Как правило, рабочий цикл импульсного источника составляет 50%, применение данной техники позволяет повышать эффективность переноса заряда. Чтобы узнать больше об особенностях источников на переключающихся конденсаторах, необходимо более детально рассмотреть работу данной схемы. Не стоит забывать и о паразитных явлениях, которые могут существенным

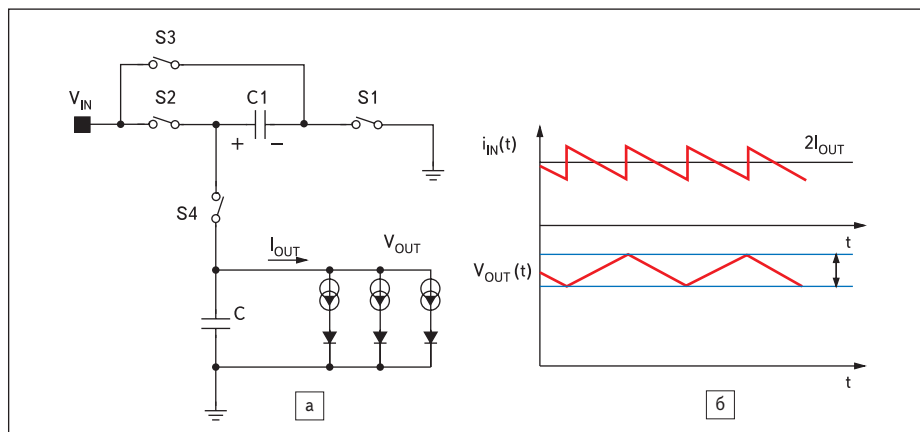


Рис. 7. Принцип действия схемы зарядовой помпы

образом сказаться в целом на качестве работы схемы.

Значение установившегося тока и форма удвоенного напряжения для переключаемого конденсатора представлена на рис. 7б. В течение первой фазы процесса ток заряжает емкость C1, и его начальное значение зависит от напряжения на конденсаторе, значения ESR и сопротивления коммутирующих его ключей. Значение заряжающего тока уменьшается по экспоненциальному закону, в процессе заряда конденсатора. Время заряда емкости является постоянным значением, в течение этого времени внешняя емкость (C_{hold}) питает нагрузку, разряжаясь пропорционально следующему соотношению:

$$\Delta V_{out} = I_{out}/2f C_{hold}, \quad (6)$$

где I_{out} — ток нагрузки; f — частота коммутации; C_{hold} — емкость конденсатора C_{hold} .

В течение второй фазы процесса C1+ подключена к выходу, разряжающий ток протекает через емкость C1 в нагрузку. В этот период ступенчатое изменение выходного тока стремится к значению $2I_{out}$. Несмотря на то, что ступенчатое изменение тока может привести к изменению напряжения на значении, эквивалентное $2I_{out} ESR_{C_{hold}}$, применение керамических конденсаторов с малым значением ESR делает это изменение незначительным. В этот момент емкость C_{hold} заряжается в соответствии с выражением (6). Таким образом, значение выходных пульсаций напряжения (V_{ripple}) можно оценить следующим выражением:

$$V_{ripple} = I_{out}/2f C_{hold}. \quad (7)$$

Высокая частота работы схемы, кроме возможности применения малогабаритных емкостей, позволяет уменьшить нежелательные шумы на выходе. Паразитные явления в схеме на переключаемых конденсаторах обусловлены уменьшением выходного напряжения при увеличении тока нагрузки. В действительности это можно объяснить рассеянием энергии при протекании тока через коммутирующие элементы и последовательные эквивалентные сопротивления:

$$P_{SW} = (2 I_{out})^2 (2 R_{SW} + ESR_{C1}) = I_{OUT}^2 (8 R_{SW} + 4 ESR_{C1}), \quad (8)$$

где P_{SW} — потери на коммутирующем элементе; R_{SW} — сопротивление ключа; ESR_{C1} — эквивалентное сопротивление емкости C1.

В дополнение к этим потерям необходимо также прибавить потери при протекании тока через конденсатор C1 и C_{hold} :

$$P_{C1} = I_{OUT}^2 R_{C1} = I_{OUT}^2 / f C1, \quad (9)$$

где P_{C1} — потери на конденсаторе C1; R_{C1} — сопротивление конденсатора C1; C1 — емкость конденсатора C1.

$$P_{ESR_HOLD} = I_{OUT}^2 ESR_{C_HOLD} \quad (10)$$

где P_{ESR_HOLD} — потери на емкости C_{hold} ; ESR_{C_HOLD} — эквивалентное сопротивление емкости C_{hold} .

Учитывая все элементы схемы, можно рассчитать выходное значение напряжения переключаемого конденсатора, которое определяется следующим соотношением:

$$V_{OUT} = 2V_{IN} - I_{OUT}R_{OUT} \quad (11)$$

где $R_{OUT} = 8R_{SW} + 4ESR_{C1} + 1/2f C_1 + ESR_{C_HOLD}$.

Пример структуры микросхемы питания светодиодов на переключаемых конденсаторах компании National Semiconductor, использующей модуляцию ЧИМ, показан на рис. 8. Ключевым элементом схемы является компаратор, отслеживающий выходное значение напряжения и использующий источник опорного напряжения 1,2 В. Кроме этого, с помощью компаратора реализована схема мягкого запуска микросхемы. При значении выходного напряжения выше, чем определенный предел, преобразователь находится в режиме ожидания, потребляя при этом минимальный ток. В этот период питание нагрузки обеспечивается за счет внешней емкости. Как только внешняя емкость разряжается, понижается значение выходного напряжения, которое фиксируется компаратором, запускающим схему, пока значение выходного напряжения не превысит определенной величины, достаточной для нормальной работы устройства.

Следует отметить основную особенность ЧИМ схемы: большую часть времени питание нагрузки обеспечивает внешняя емкость, требующая периодической перезарядки, в то время как сама микросхема потребляет минимальное значение тока. Применительно к портативным устройствам это весьма значительная особенность, благодаря которой возможно обеспечение более долгой работы устройства от полного заряда батарей.

В таблице 2 представлены микросхемы на переключаемых конденсаторах для питания светодиодов. В зависимости от требуемых характеристик разработчик получает возможность выбрать решение с выходным током от 80 до 500 мА и количеством питаемых светодиодов до 16-ти.

Рассмотрим несколько примеров и особенностей микросхем для управления светодиодами на переключаемых конденсаторах. На рис. 9 представлена схема включения микросхемы на LM2751, работающей на постоянной частоте с регулируемым выходным напряжением 4,5 В и 5 В. Микросхема обеспечивает ток нагрузки до 150 мА в диапазоне входных напряжений от 2,5 до 5,5 В при использовании всего четырех недорогих керамических конденсаторов в качестве внешней «обвязки». Применение данного решения дает разработчикам возможность отказаться от внешней индуктивности. Частота

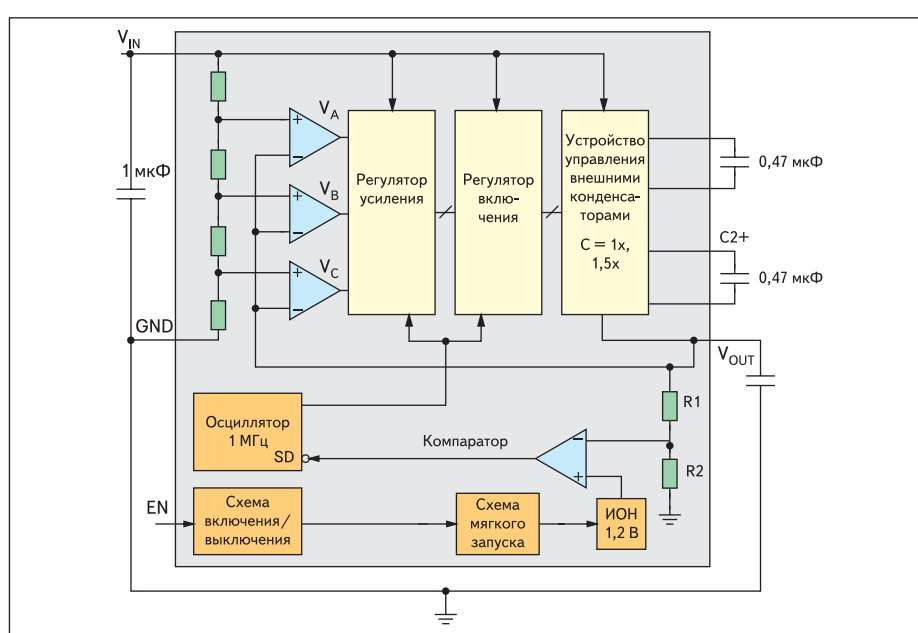


Рис. 8. Блок-диаграмма конвертера на переключаемых конденсаторах

Таблица 2. Спектр микросхем на переключаемых конденсаторах

Микросхема	Uвх, В	Uвых, В	Iвых, мА	Нсвет.	Частота, МГц	Производитель	Корпус
LM27964	2,7–5,5	—	200	16	—	National	LLP-24
LM2751	2,7–5,5	5,2	120	6	1,7	National	LLP-10
LM2794/5	2,7–5,5	—	80	4	0,515	National	MicroSMD-18
LM3354	2,7–5,5	5	90	—	1	National	MSOIC-10
LTC3206	2,7–4,5	—	400	6, RGB	1	Linear Tech.	QFN-24
LTC3214	2,9–4,5	—	500	1	0,9	Linear Tech.	DFN-10
FAN5616	2,5–5,5	6	120	—	—	Fairchild	MLP-16
FAN5609	2,7–5,5	—	80	4	1	Fairchild	TSSOP-14 MLP-16

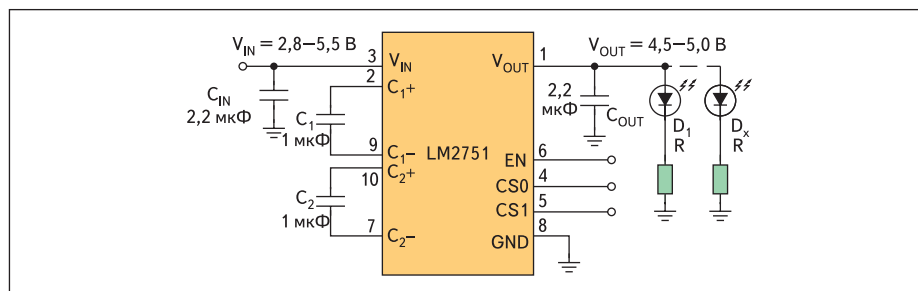


Рис. 9. Схема включения микросхемы LM2751

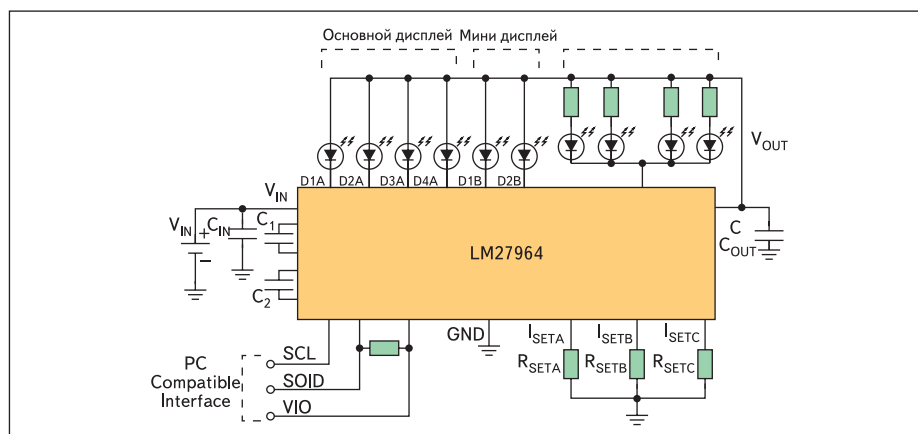


Рис. 10. Схема включения микросхемы LM27964

работы микросхемы может принимать значения: 725 кГц, 300 кГц, 37 кГц или 9,5 кГц при коэффициенте усиления 1,5 или 2.

В качестве решения для подсветки дисплея или клавиатуры портативного устройства может выступать микросхема LM27964 (рис. 10), с помощью которой можно питать током 20 мА до 8-ми параллельно подключенных светодиодов. Регулируемый источник тока обеспечивает стабильные световые характеристики питаемых индикаторов. Светодиоды разделены на две независимые от источника тока группы, кроме этого, микросхема имеет совместимость с I²C интерфейсом.

На рис. 11 представлен контроллер подсветки дисплея с высокой степенью интеграции — LTC3206 компании Linear Technology. Микросхема содержит повышающий преобразователь, позволяющий осуществлять питание основного дисплея, подсветки клавиатуры, и цветной подсветки. Максимальный ток питания для каждого типа дисплеев задается независимо и контролируется внутренними схемами. Контроллер совместим для управления с шиной I²C со скоростью обмена данными до 400 кГц и содержит встроенный входной фильтр для предотвращения возможных шумовых всплесков. Яркость подсветки дисплея может регулироваться в пределах 16-ти уровней, начиная от «0» (дисплей выключен). Превышение температуры кристалла выше 160 °С при больших значениях выходных напряжений и токов вызывает автоматическое отключение контроллером выходной цепи.

Микросхемы для управления светодиодами высокой яркости

В последние годы такие виды современной портативной электронной техники, как цифровые фотоаппараты и видеокамеры, мобильные телефоны и другая потребительская электроника, продолжают свое бурное развитие, берущее свое начало с середины 1990-х годов. Многие из этих устройств адаптированы для использования в полной темноте, фотоаппараты имеют светодиодную вспышку, и эти их особенности требуют организации питания светодиодов достаточно большими токами. В таблице 3 приведены некоторые серии микросхем от компаний National Semiconductor, Linear Technology и Texas Instruments, специально разработанные для решения этих задач.

В качестве примера можно рассмотреть высоковольтный повышающий регулятор LM5000 (рис. 12). Микросхема способна обеспечивать питание со стабильным током до 20-ти последовательно соединенных светодиодов. Разработчик может самостоятельно задавать рабочую частоту микросхемы (300 кГц/700 кГц для LM5000-3 или 600 кГц/1,3 МГц для LM5000-6). Также в состав регулятора входит силовой ключ, схема «мягкого старта» и термозащиты. Микросхема предлагается

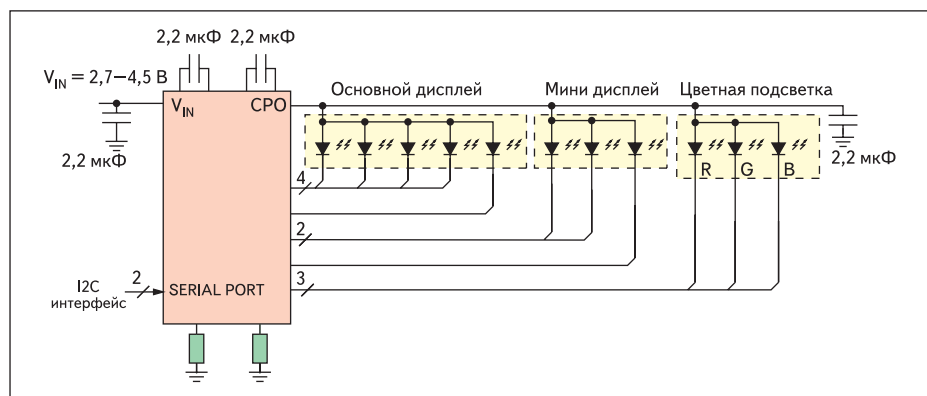


Рис. 11. Схема включения микросхемы LTC3206

Таблица 3. Микросхемы управления питанием светодиодов высокой яркости

Микросхема	U _{вх} , В	U _{вых} , В	I _{вых} , мА	Нсвет.	Частота, МГц	Производитель	Корпус
LM5000	7–11	74–80	30	20	700	National	LLP-16 TSSOP-15
LM2698	4,5–5	14,8–16	160	–	600	National	MSOP-8
LM2737	12–14	3–4	2000	–	800	National	TSSOP-14
LTC3783	3–36	6,5–7,5	–	25+	1	Linear Tech.	DFN-16 TSSOP-16
LTC3454	2,7–5,5	–	1,25	1	1	Linear Tech.	TSSOP-20
LTC3475	2–40	–	1,5	4	2	Linear Tech.	TSSOP-20
TPS61058	2,7–5,5	6	1,8	2	0,65	Texas Inst.	QFN-10

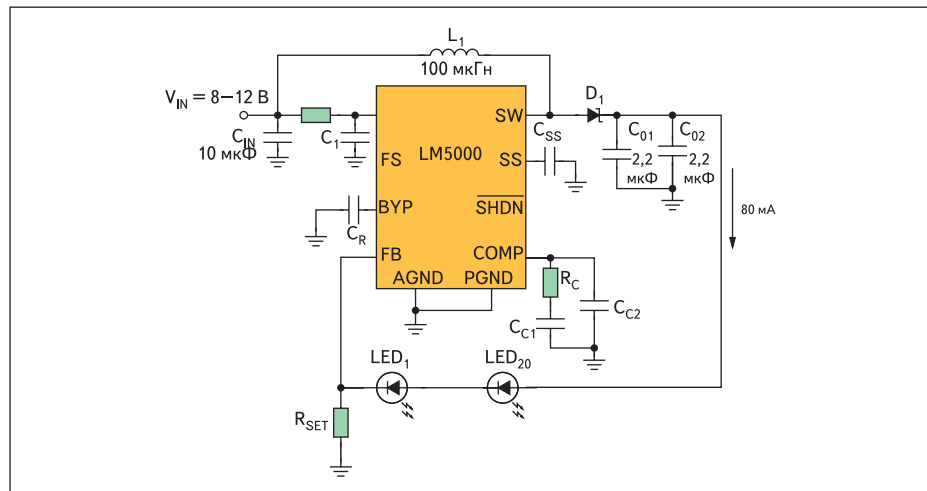


Рис. 12. Схема включения микросхемы LM5000

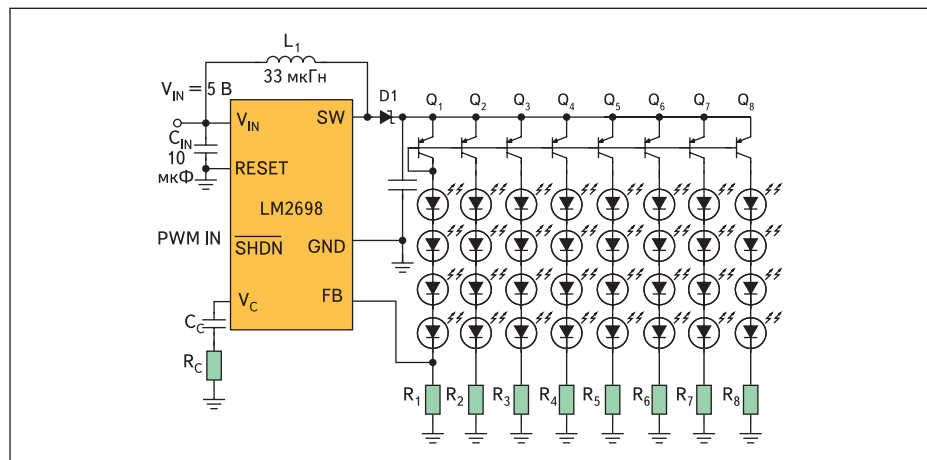


Рис. 13. Схема включения микросхемы LM2698

в стандартном (TSSOP-16) и миниатюрном (LLP-16) корпусных исполнениях.

Интересным примером осуществления управления матрицей светодиодов может служить микросхема LM2698. На рис. 13 можно увидеть включение рассматриваемого повышающего регулятора в схеме с токовым зеркалом. Цепочка светодиодов, подключенных к выводу FB, обеспечивает токовую обратную связь, с помощью которой контролируются остальные цепочки и выдерживаются необходимые световые характеристики устройства.

Аналогичное решение для управления набором светодиодов предлагает компания Linear Technology. Микросхема LTC3783 работает на фиксированной частоте в диапазоне от 20 кГц до 1 МГц, которая задается единственным внешним резистором. Регулятор может применяться в повышающих, обратных или SEPIC топологиях и управлять одновременно двумя *n*-канальными MOSFET-транзисторами.



Рис. 14. LLP-корпус

Не секрет, что не только в портативной технике следует особое внимание уделять массогабаритным характеристикам применяемых компонентов. Результатом работы инженеров National Semiconductor по уменьшению размеров микросхем стал представленный в 2006 году корпус LLP. На рис. 14 можно оценить его размеры в сравнении с монетой, а в левой части рисунка приведено увеличенное изображение корпуса с целью более детального рассмотрения его конструктивных особенностей. В свое время появление корпусов BGA стало настоящим прорывом в развитии электроники. Единственная проблема их применения — дорогостоящий метод мон-

тажа и тестирования пропайки всех выводов под телом корпуса, так как визуально его контролировать невозможно, приходится использовать рентгенографическое оборудование для просвета шариковых выводов и определения качества электрического контакта. Инженеры, применяющие этот тип корпуса, заметят сходство между BGA и LLP-корпусом. Их отличительная особенность — это наличие специальных боковых контактов у корпуса LLP для возможности тестирования микросхемы после установки на плату. Кстати, это позволяет проводить не только визуальный (все выводы микросхемы расположены по периметру корпуса), но и электрический контроль, что снижает затраты на тестирование и при этом повышает конкурентную способность проектируемого устройства за счет его компактности. Как известно, с 1 июля 2006 г. в связи с переходом большинства производителей микросхем на выпуск своей продукции в соответствии с директивами RoHS по бессвинцовому исполнению у потребителей микросхем в BGA-корпусах могут возникнуть дополнительные сложности. Производители не гарантируют выполнения принципа обратной совместимости, что ведет за собой дополнительные затраты на переоснащение производства или необходимость обращения к контрактному производителю.

Выводы

Перед началом работы над статьей была поставлена задача сделать обзор микросхем различных производителей для питания светодиодов. Естественно, что для получения четкого ответа на этот вопрос сравнение с продукцией конкурентов можно проводить только по конкретному изделию (например повышающему преобразователю LM5000), а не по всей линейке в целом. Несложно заметить, что наиболее полным портфолио решений для питания светодиодов обладает компания National Semiconductor, традиционно продолжая занимать лидирующие позиции на рынке импульсных и линейных регуляторов напряжения.

Предложение по индуктивным преобразователям и микросхемам на переключаемых конденсаторах сегодня вызывает большой интерес, особенно если учитывать тот фактор, что все решения являются высокоуниверсальными и ориентированы не только на рынок управления светодиодами и их сборками, но и подходят для питания стандартных узлов электронной аппаратуры.

Кроме этого, не случайно большая часть материала посвящена микросхемам для управления светодиодами на базе переключающихся конденсаторов. Благодаря своим особенностям данное решение не нуждается во внешней индуктивности, что освобождает от связанных с ней проблем электромагнитной совместимости. Микросхемы имеют низкий уровень шума и электромагнитных помех, причем в качестве обвязки выступают всего несколько малогабаритных недорогих керамических конденсаторов. В результате разработчик получает недорогое и компактное решение управления светодиодами, которое может находить применение не только в портативной технике, но и многих других устройствах. ■

Литература

1. Power Designer № 113. Optimizing Efficiency in White LED Backlight Applications. National Semiconductor ([w ww.national.c om](http://www.national.com))
2. Готтлиб И. М. Источники питания. Инверторы, конверторы, линейные и импульсные стабилизаторы. М.: Постмаркет. 2002.
3. Информационный портал компании National Semiconductor по силовой электронике [ht tp://w ww.national.c om/appinfo/power](http://www.national.com/appinfo/power)
4. Материалы семинара компании National Semiconductor, Санкт-Петербург, март 2006 г.
5. Описание микросхемы LM3224 [ht tp://ww w.national.c om/search/search.cgi/main?keywords=LM3224](http://www.national.com/search/search.cgi/main?keywords=LM3224)
6. Описание микросхемы LM5000 [ht tp://ww w.national.c om/pf/LM/LM5000.ht ml](http://www.national.com/pf/LM/LM5000.html)
7. Описание микросхемы LM2698 [ht tp://ww w.national.c om/search/search.cgi/main?keywords=LM2698](http://www.national.com/search/search.cgi/main?keywords=LM2698)