

Юрий Петропавловский |

Современные драйверы светодиодов высокой яркости¹ фирмы Maxim

Число производителей систем освещения на базе светодиодов высокой яркости непрерывно увеличивается. Анализ структуры продукции десятков фирм показал наличие элементов систем освещения на светодиодах у большинства ведущих производителей полупроводниковых приборов. Особенно широкую номенклатуру драйверов светодиодов выпускает фирма Maxim. В ее каталогах имеется несколько разделов, непосредственно относящихся к таким микросхемам, а также приведена обширная информация по их применению в различных приложениях.

Компания Maxim Integrated Products, Inc. (Саннивейл/Sunnyvale, Калифорния, США) была основана в 1983 г. Джеком Гиффордом (Jack Gifford, соучредитель AMD, 11.01.1941 — 11.01.2009 гг.). Численность персонала компании более 9000 сотрудников, годовой доход более 2 млрд долларов (2008 г.), фирма располагает 35 технологическими центрами и 25 офисами продаж по всему миру, президент фирмы Tun Doluca [1]. Фирма выпускает чрезвычайно широкую номенклатуру цифровых и аналоговых микросхем, в каталогах 2010 г. значится более 7000 позиций приборов.

Микросхемы драйверов светодиодов большой мощности Maxim разделяет на две группы: драйверы светодиодов высокой яркости (High Brightness LED Drivers) и драйверы белых светодиодов (White LED Drivers). Приборы этих групп характеризуются различными наборами классификационных параметров, предметом рассмотрения настоящей статьи являются микросхемы первой группы. В разделе High

Brightness LED Drivers (HB LED) каталога фирмы 2010 г. представлено 26 типов микросхем драйверов светодиодов высокой яркости, в разделе White LED Drivers — 47 типов микросхем драйверов белых светодиодов [2], причем некоторые микросхемы фигурируют в обоих разделах каталога (MAX16800-16803, MAX16834). Фирма структурирует выпускаемые HB LED-драйверы по следующим приложениям (рис. 1):

- Architectural Lighting — драйверы для светодиодной подсветки зданий, сооружений, интерьеров помещений, ландшафтов.
- Display Backlight — драйверы для подсветки различных дисплеев автомобилей.
- Exterior Lighting — драйверы для различных фонарей автомобилей.
- Interior Lighting — драйверы для светильников салонов автомобилей.
- Downlights and Flood Lights — драйверы для потолочных светильников с рефлекторами и светодиодные прожекторы.
- LCD TV, Desktop and Notebook Backlight — драйверы для светодиодной подсветки ЖК-дисплеев телевизоров, компьютерных мониторов и ноутбуков.
- Projectors and Rear-Projection TVs — драйверы для светодиодной подсветки телевизионных проекторов.
- Signage — драйверы для подсветки информационных дисплеев в местах общего пользования (ЖК и светодиодные цифровые панели — Digital Signage).

Для каждого приложения фирма рекомендует определенный набор микросхем драйверов и демонстрационных плат. Однако большая часть микросхем драйверов используется прак-

тически в каждом из приложений, в таблице приведены классификационные параметры всех микросхем драйверов светодиодов фирмы из раздела HB LED Drivers каталога 2010 г. [3]. В настоящей статье рассмотрены особенности некоторых микросхем этого раздела (Data Sheet) конкретных микросхем, выпущенных или отредактированных фирмой в 2009 г. Полные названия микросхем, а также некоторые термины, приведенные в информационных листах Maxim, могут не совпадать с аналогичными названиями и терминами, используемыми другими производителями полупроводниковых приборов, поэтому в скобках приведены полные оригинальные названия и некоторые термины, используемые фирмой.

MAX16800 — линейный, 40 В / 350 мА, драйвер сверхъярких светодиодов с возможностью регулировки выходного тока (High-Voltage, 350 mA, adjustable Linear High-Brightness LED Driver). Микросхема предназначена для автомобильных приложений, в том числе для проведения испытаний по стандарту AEC-Q100, но может быть использована и для управления светодиодными лампами общего и промышленного назначения. Основные особенности микросхемы:

- широкий диапазон напряжения питания и выходного тока (6,5–40 В/35–350 мА);
- нестабильность установленного выходного тока не более $\pm 3,5\%$;
- встроенный стабилизатор напряжения +5 В;
- встроенные схемы защиты от коротких замыканий и от перегрева;
- дифференциальный вход для датчика (резистора R_{sense}) выходного тока;

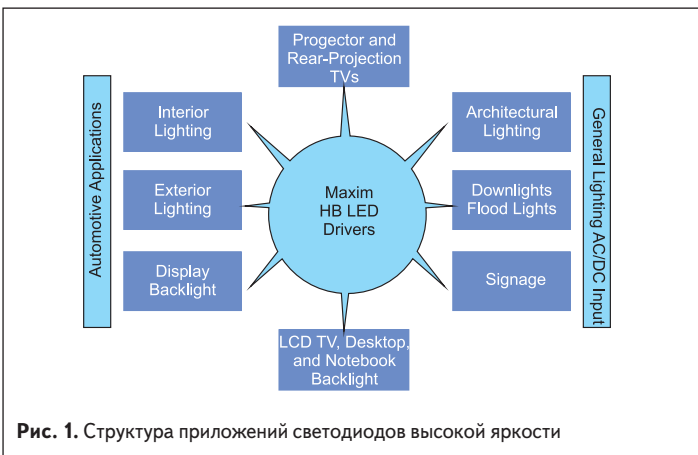


Рис. 1. Структура приложений светодиодов высокой яркости

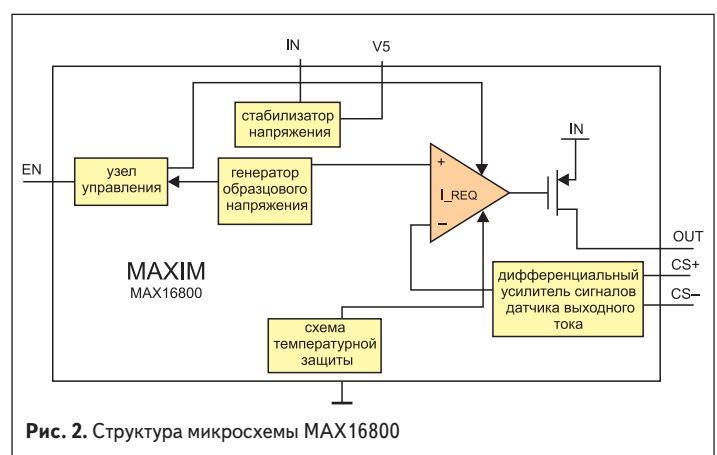


Рис. 2. Структура микросхемы MAX16800

¹Светодиоды большой мощности (прим. редакции).

Т а б л и ц а . Классификационные параметры драйверов HB LED

Наименование	Тип преобразования	U _{вх} , мин/макс, В	I _д , А/канал	F, кГц	ШИМ, кГц	ШИМ-отношение	Корпус
MAX16800	линейный	6,5–40	0,35/1	–	1	1,0:30	TQFN-EP/16
MAX16801	boost/flyback/SEPIC	22–400	3,0/1	262	2	1,0:3000	μMAX/8
MAX16802	boost/buck/flyback/SEPIC	10,8–24	3,0/1	262	2	1,0:3000	μMAX/8
MAX16803	линейный	6,5–40	0,35/1	–	2	1,0:200	TQFN-EP/16
MAX16807	boost/SEPIC+линейный	8,0–24	0,055/8	20–1000	30	1,0:5000	TSSOP-EP/28
MAX16809	boost/SEPIC+линейный	8,0–24	0,055/8	20–1000	30	1,0:5000	TQFN-EP/38
MAX16812	boost/buck/buck-boost	5,5–76	1,0/1	125–500	1	1,0:100	TQFN-EP/28
MAX16814	boost/SEPIC+линейный	4,75–40	0,15/4	200–2000	20	1,0:5000	TQFN/TSSOP-EP/20
MAX16815	линейный	6,5–40	0,1/1	–	1	1,0:30	TDFN/6, SO-EP/8
MAX16816	boost/buck/buck-boost	5,9–76	10,0/1	100–600	1	1,0:1000	TQFN-EP/32
MAX16818	boost/buck/SEPIC	7,0–28	30,0/1	125–1500	30	1,0:5000	TQFN-EP/28
MAX16819	buck	4,5–28	3,0/1	20–2000	20	1,0:5000	TDFN-EP/6
MAX16820	buck	4,5–28	3,0/1	20–2000	20	1,0:5000	TDFN-EP/6
MAX16821	boost/buck/SEPIC	4,75–28	30,0/1	125–1500	10	1,0:1000	TQFN-EP/28
MAX16822	buck	6,5–65	0,35/1	20–2000	20	1,0:5000	SO/8
MAX16823	линейный	5,5–40	0,1/3	–	3	1,0:200	TQFN-EP/16
MAX16824	линейный	6,5–28	0,15/3	–	3	1,0:200	TSSOP-EP/16
MAX16825	линейный	6,5–28	0,15/3	–	3	1,0:200	TSSOP-EP/16
MAX16826	boost/SEPIC+линейный	4,75–24	3,0/4	100–1000	2	1,0:5000	TQFN-EP/32
MAX16828	линейный	6,5–40	0,1/1	–	1	1,0:30	TDFN/6, SO-EP/8
MAX16831	boost/buck/buck-boost	5,9–76	10,0/1	125–600	1	1,0:1000	TQFN-EP/32
MAX16832	buck	6,5–65	0,7/1	20–2000	20	1,0:5000	SO-EP/8
MAX16834	boost/buck/buck-boost	4,75–28	10,0/1	100–1000	20	1,0:3000	TQFN/TSSOP-EP/20
MAX16835	линейный	6,5–40	0,1/1	–	1	1,0:30	TQFN-EP/16
MAX16836	линейный	6,5–40	0,35/1	–	1	1,0:30	TQFN-EP/16
MAX16839	линейный	5,0–40	0,1/1	–	3	1,0:200	TDFN/6, SO-EP/8

- низкое токопотребление в дежурном режиме (типичное значение 12 мкА);
- проходной регулирующий элемент с малым (0,5 В) падением напряжения (Integrated Pass Element);
- низкий уровень высокочастотных излучений при ШИМ-регулировке яркости свечения светодиодов;
- широкий диапазон рабочих температур (–40...+125 °С).

Структура микросхемы приведена на рис. 2, в состав микросхемы входят: стабилизатор напряжения, узел управления, генератор образцового напряжения, стабилизатор выходного тока (I_{req}), дифференциальный усилитель сигналов датчика выходного тока, схема температурной защиты, ключевой р-MOSFET.

Назначение выводов:

- 1, 16 (OUT) — выход;
- 2, 3 (IN) — вход;
- 4–8, 13, 14 (NC) — не используются;
- 9 (CS+), 10 (CS–) — неинвертирующий/инвертирующий входы усилителя ошибки;
- 11 (V5) — выход стабилизатора напряжения +5 В;
- 12 (GND) — корпус;
- 15 (EN) — вход управления, микросхема включена при высоком уровне сигнала (не менее 2,8 В), выключена — при низком (не более 0,6 В);

- EP — подложка корпуса (Exposed Pad), для лучшего теплоотвода ее необходимо соединить с корпусной шиной платы устройства. Максимальная мощность рассеяния микросхемы 2,7 Вт (при температуре окружающей среды 70 °С).

Значение выходного тока I_{LED} микросхемы зависит от напряжения V_{sense} на выводах CS+, CS– микросхемы, для тока I_{LED} = 350±3,5 мА напряжение V_{sense} = 204 мВ, сопротивление R_{sense} определяется из соотношения I_{LED} = V_{sense}/R_{sense}. При уменьшении входного напряжения Vin менее 6,5 В работоспособность микросхемы сохраняется, однако поддержание установленного выходного тока не гарантируется. Внутренний стабилизатор напряжения +5 В может быть использован для питания внешних устройств с малым потреблением тока (до 4 мА), замыкание вывода V5 микросхемы на корпус выключает схему температурной защиты (схема срабатывает при температуре выводов T_j ≈ 150 °С, гистерезис схемы ≈ 23 °С).

ШИМ-управление яркостью свечения светодиодов может осуществляться двумя способами: 1 — при подаче на вход EN ШИМ-импульсов, а на вход IN постоянного напряжения (рис. 3а); 2 — при подаче ШИМ-импульсов на соединенные между собой входы IN/EN (рис. 3б).

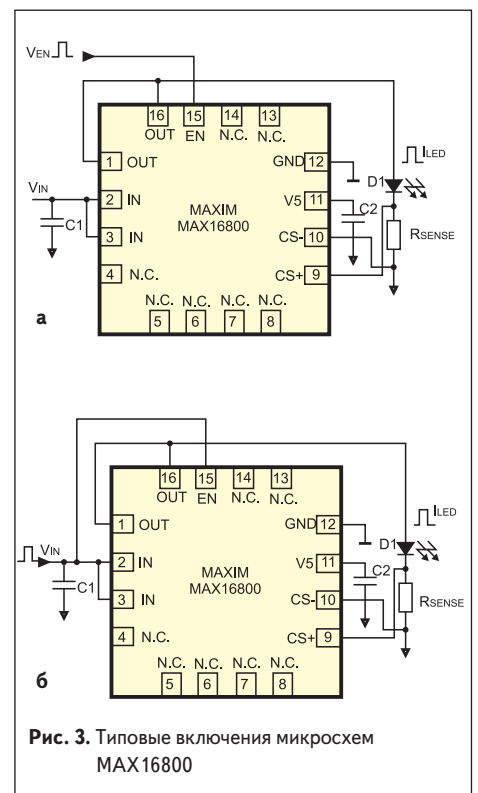


Рис. 3. Типовые включения микросхем MAX16800

Соответствующие временные диаграммы приведены на рис. 4 ($f_{\text{ШИМ}} = 200$ Гц, скважность 50%, установленный ток $I_{\text{LED}} = 350$ мА). Как видно из диаграмм, при использовании 1-го способа амплитуда выходного тока в 2 раза меньше, чем при использовании 2-го способа регулировки яркости.

MAX16803 отличается от MAX16800 наличием дополнительного вывода 13 (DIM), предназначенного для подачи ШИМ-сигнала регулировки яркости светодиода, и схемы для сглаживания выходных импульсов (Wave-Shaped Edges Reduce Radiated EMI During PWM Dimming), что уменьшает уровень электромагнитных излучений в режиме ШИМ-регулировки. Цоколевка и типовое включение микросхемы приведены на рис. 5.

MAX16815/MAX16828 — линейные драйверы с выходным током 100 мА (MAX16815) и 200 мА (MAX16828). Электрические параметры этих микросхем близки к параметрам вышерассмотренных. Отличающиеся параметры: диапазон регулировки выходного тока 35–100/35–200 мА; $R_{\text{sense}} = 2/1$ Ом, вход DIM имеется.

MAX16818 — высокоэффективный, 1,5 МГц/30 А, драйвер светодиодов с быстрыми изменениями (модуляцией) выходного тока (1,5 МГц, 30 А). Микросхема предназначена для применения в качестве драйверов различных светодиодных прожекторов, в автомобильных фарах, в системах подсветки ЖК-дисплеев больших размеров и других подобных приложениях. Микросхема базируется на импульсном DC/DC-преобразователе с ШИМ-управлением яркостью свечения светодиодов, на ее основе

могут быть построены преобразователи в различных конфигурациях: понижающие, повышающие, а также конверторные. Впервые для драйверов светодиодов фирма запатентовала технологию быстройдействующего управления со скоростью нарастания тока до 20 А/мкс при частоте ШИМ-сигнала регулировки яркости 30 кГц. Управление светодиодами осуществляется по среднему значению тока, что обеспечивает оптимальное использование MOSFET — даже при выходном токе 30 А необходимы радиаторы минимальных размеров. Для обеспечения прецизионного управления светодиодами в микросхеме применен дифференциальный усилитель сигнала датчика выходного тока. Используется высокая, до 1,5 МГц, частота коммутации DC/DC-преобразователя микросхемы, что способствует уменьшению размеров индуктивных

и емкостных элементов схемы. На рис. 6 приведено типовое включение микросхемы в конфигурации Buck-Boost.

Основные особенности микросхемы:

- большой, до 30 А, выходной ток (с внешними MOSFET);
- управление по среднему значению тока (Average-Current-Mode Control);
- дифференциальный вход для датчика выходного тока (True-Differential Remote-Sense Input);
- напряжение питания 4,75–5,5 В или 7–28 В;
- настраиваемая внутренняя или внешняя синхронизация в диапазоне 125 кГц–1,5 МГц;
- противофазный выход тактовой частоты;
- схемы защиты от перенапряжения, перегрузки по току и перегрева;
- широкий температурный диапазон –40...+125 °С.

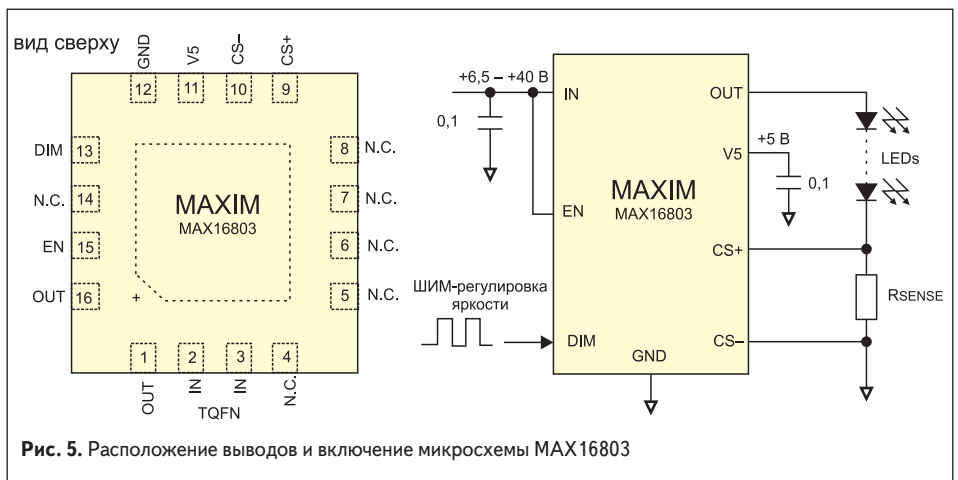


Рис. 5. Расположение выводов и включение микросхемы MAX16803

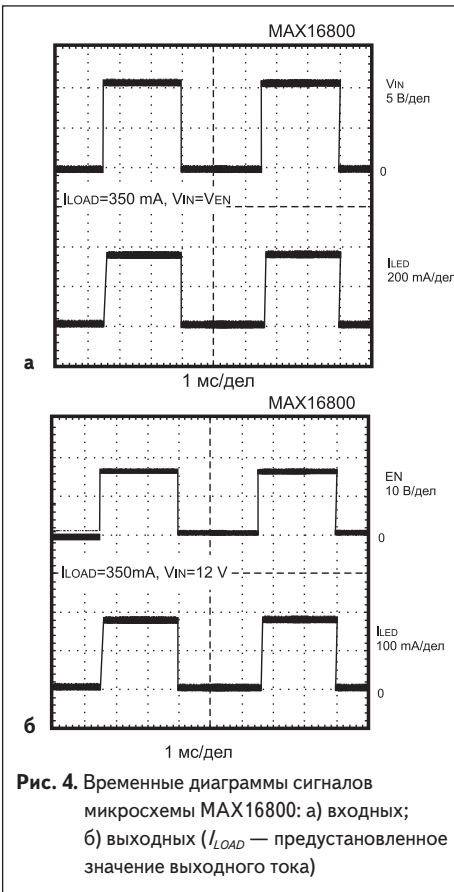


Рис. 4. Временные диаграммы сигналов микросхемы MAX16800: а) входных; б) выходных (I_{LOAD} — предустановленное значение выходного тока)

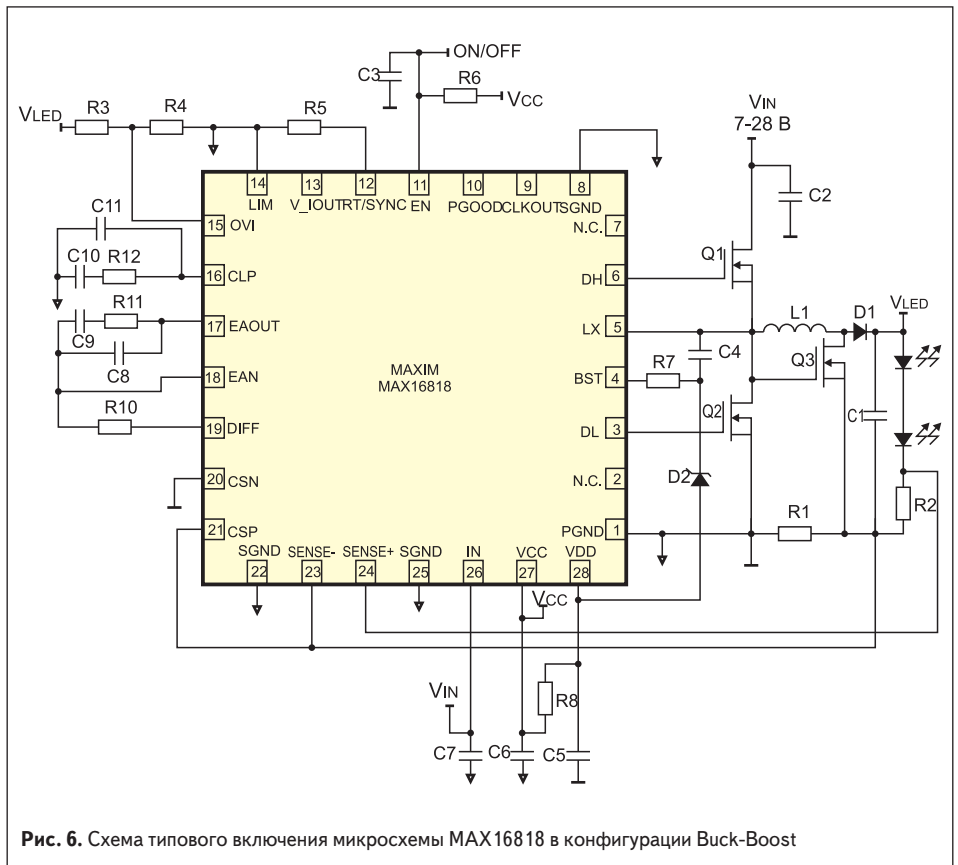


Рис. 6. Схема типового включения микросхемы MAX16818 в конфигурации Buck-Boost

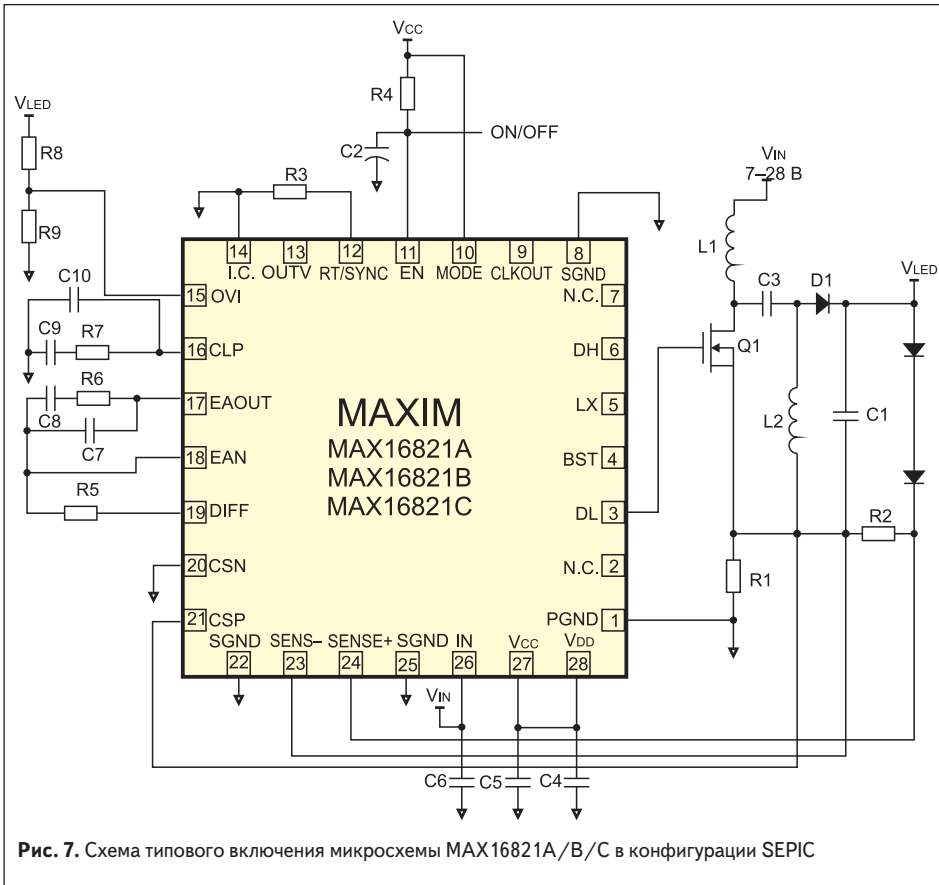


Рис. 7. Схема типowego включения микросхемы MAX16821A/B/C в конфигурации SEPIC

Назначение основных функциональных выводов микросхемы:

- 3 (DL), 6 (DH) — выходы нижнего/верхнего драйверов затворов;
- 9 (CLKOUT) — выход тактового генератора;
- 12 (RT/SYNC) — вход установки частоты коммутации;
- 14 (LIM) — вход установки уровня ограничения тока;
- 15 (OVI) — вход компаратора схемы защиты от перенапряжения;
- 16 (CLP) — выход усилителя ошибки по току;
- 17 (EAOUT) — выход усилителя ошибки по напряжению;
- 18 (EAN) — инвертирующий вход усилителя ошибки по напряжению;
- 19 (DIFF) — выход дифференциального усилителя датчика тока (Differential Remote-Sense Amplifier Output);
- 23, 24 (SENSE-, SENSE+) — входы дифференциального усилителя сигналов датчика тока;
- 26 (IN), 27 (Vcc) — вход/выход внутреннего LDO-стабилизатора +5 В;
- 28 (Vdd) — напряжение питания драйверов затворов.

MAX16821A/B/C — мощные синхронные драйверы светодиодов высокой яркости с быстрыми изменениями выходного тока. Микросхемы предназначены для использования в портативных и стационарных проекторах, в светодиодных прожекторах, в том числе в автомобильных фарах и других приложениях. Микросхемы базируются на им-

пульсных DC/DC-преобразователях с ШИМ-управлением яркостью светодиодов. Преобразование осуществляется в конфигурациях Buck, Boost, Buck-Bust, SEPIC, Cuk LED, их переключение осуществляется внешними логическими сигналами. Микросхемы, по данным компании-разработчика, являются первыми мощными драйверами, поддерживающими управление светодиодами высокой яркости с общим анодом. Приборы обеспечивают управление по среднему значению тока, что позволяет применять радиаторы охлаждения минимальных размеров. Отметим особенности, отличающие их от MAX16818. Высокая, 0,1/0,03 В, чувствительность дифференциального усилителя датчика выходного тока, что позволяет уменьшить сопротивление датчика R_{sense} и повысить эффективность преобразователя. Схема защиты от перенапряжений без фиксации состояния. Нижний и верхний драйверы без или с синхронным выпрямлением. Типовое включение микросхем в конфигурации SEPIC приведено на рис. 7, назначения выводов микросхем и MAX16818 практически полностью совпадают, отличается назначение вывода 10 (MODE) у MAX16821 — вход переключения режимов Buck/Boost (лог. «0» — Buck, лог. «1» — Boost).

MAX16822A/B — драйверы HB LED с высокой, до 2 МГц, частотой переключения, встроенными MOSFET и датчиком тока верхнего драйвера, в качестве выходного ключа использован DMOS (65 В/0,85 Ом). Микросхемы предназначены для светодиодных ламп промышленного, общего, автомобильного

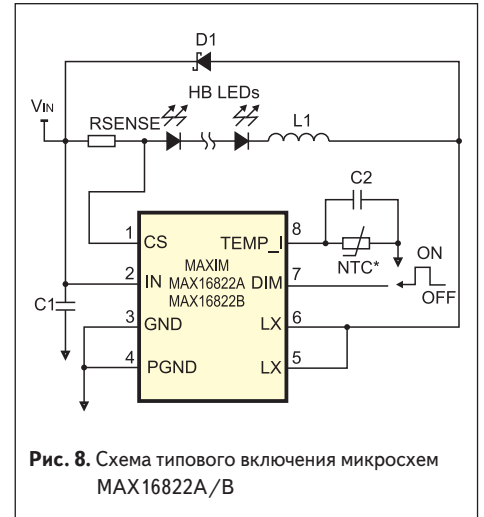


Рис. 8. Схема типowego включения микросхем MAX16822A/B

и других приложений. Микросхемы выполнены в конфигурации Buck и обеспечивают выходной ток до 350 мА при температуре +125 °С и 500 мА при 105 °С. Использование датчика тока в цепи стока ключевого транзистора позволяет получить широкий диапазон ШИМ-регулировки яркости и малый уровень пульсаций выходного тока (10% у MAX16822A). Типовое включение микросхем приведено на рис. 8, терморезистор с отрицательным ТК (NTC) используется как опция.

Основные особенности микросхем:

- высокоэффективные приложения (КПД более 95%);
- широкий диапазон напряжения питания (6,5–65 В);
- высокие характеристики выходного ключа ($R_{on} = 0,85 \text{ Ом}$);
- гистерезисное управление: частота переключения до 2 МГц (Hysteretic Control);
- нестабильность выходного тока не более $\pm 3\%$;
- установка выходного тока внешним резистором;
- температурная компенсация изменений параметров светодиодов.

Назначения выводов:

- 1 (CS) — вход датчика выходного тока;
- 2 (IN) — напряжение питания;
- 3 (GND) — корпус малосигнальных узлов;
- 4 (PGND) — силовой корпус;
- 5, 6 (LX) — вывод стока MOSFET;
- 7 (DIM) — вход ШИМ-регулировки яркости свечения светодиодов;
- 8 (TEMP_I) — вывод для подключения термистора к схеме термокомпенсации (Thermal Foldback Control).

MAX16824, MAX16825 — трехканальные, 28/36 В, линейные драйверы светодиодов высокой яркости. Микросхемы предназначены для светодиодных ламп промышленного и бытового назначения, для подсветки ЖК-дисплеев, освещения салонов автомобилей и других приложений. В микросхеме MAX16824 имеется три входа для ШИМ-регулировки яркости в широком диапазоне, MAX16825 управляется через 4-проводной последовательный интерфейс. Типовые включения микросхем приведены на рис. 9.

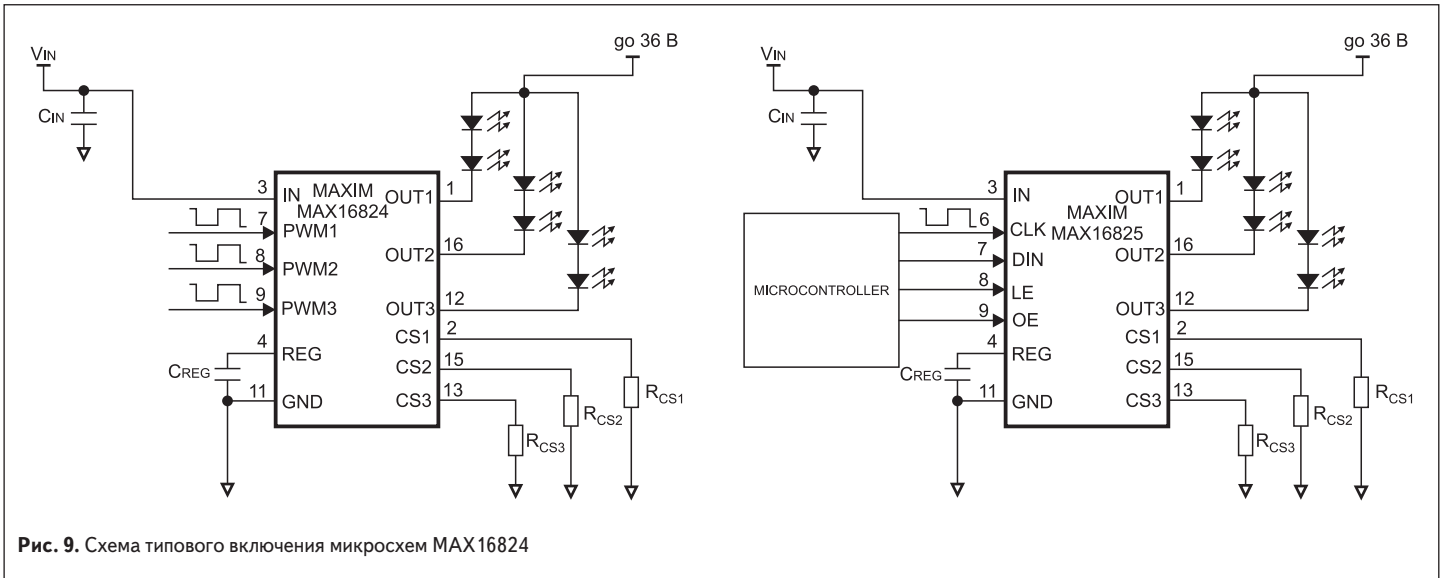


Рис. 9. Схема типового включения микросхем MAX16824

Основные особенности микросхем:

- широкий диапазон питающих напряжений (6,5–28 В), до 36 В при большом числе светодиодов в цепи;
- три независимых канала с возможностью раздельной установки выходных токов в каждом;
- выходной ток 150 ± 5 мА на канал;
- независимое ШИМ-управление яркостью свечения светодиодов в каждом канале (MAX16824);
- управление яркостью по последовательному интерфейсу (MAX16825);
- встроенный стабилизатор напряжения +5 В (4 мА) для внешних устройств;
- быстрое реагирование на изменение яркости (Fast Transient Dimming Response);
- малое падение напряжения на резисторах датчиков выходного тока для увеличения эффективности;
- схема температурной защиты, диапазон рабочих температур $-40 \dots +125$ °С.

MAX16826 — 4-канальные драйверы HB LED с возможностью регулировок, оптимизацией выходного напряжения и детектором отказов (Programmable, Four-String HB LED Driver with

Output-Voltage Optimization and Fault Detection). Микросхема предназначена для автомобильных и промышленных дисплеев, а также для систем подсветки ЖК-телевизоров и мониторов. В микросхеме интегрированы DC/DC-преобразователь напряжения, 4-канальный линейный драйвер светодиодов, АЦП и I²C интерфейс управления. Импульсный преобразователь напряжения реализуется в конфигурациях Boost и SEPIC, частота переключения устанавливается в диапазоне 100 кГц–1 МГц. Линейный 4-канальный драйвер с токовым управлением и с защитой от отказов может формировать все оттенки белого света,

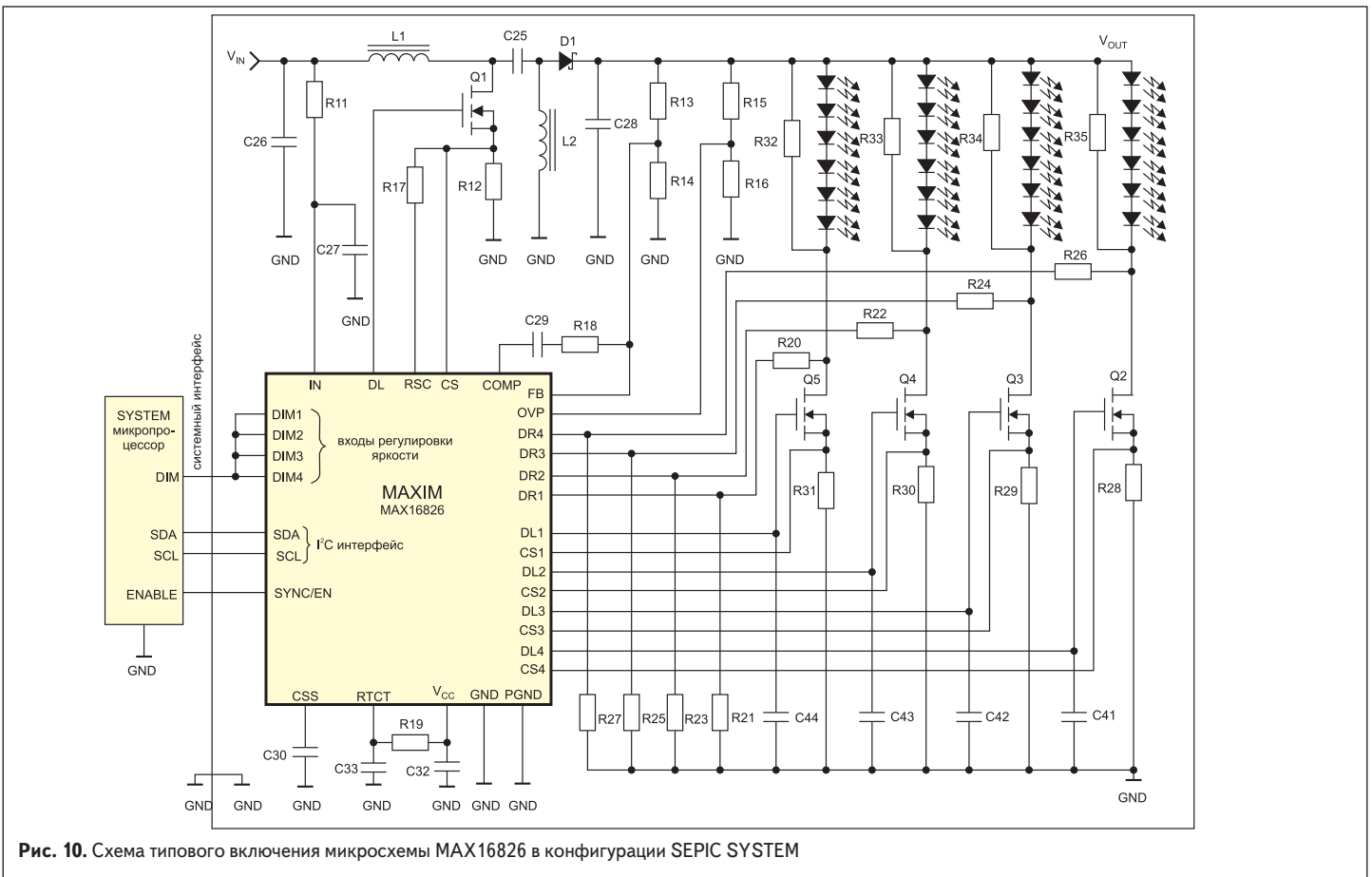


Рис. 10. Схема типового включения микросхемы MAX16826 в конфигурации SEPIC SYSTEM

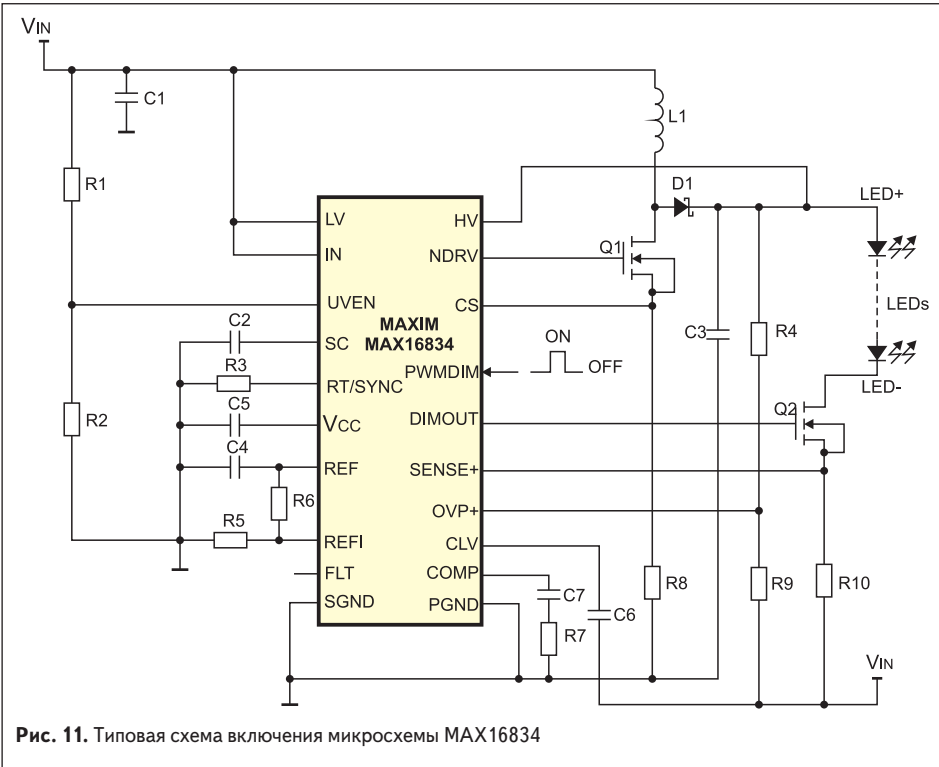


Рис. 11. Типовая схема включения микросхемы MAX16834

RGB и RGB плюс янтарный цвет. Встроенный АЦП измеряет напряжение на стоках MOSFET и выходе DC/DC-преобразователя. Эти измерения по интерфейсу I²C подаются на внешний микропроцессор, обеспечивающий регулировку цветового баланса и других цветовых параметров. Типовое включение микросхемы в конфигурации SEPIC приведено на рис. 10. MAX16832A/C — драйверы светодиодов высокой яркости с частотой переключения до 2 МГц, интегрированным MOSFET и датчиком R_{sense} в цепи стока MOSFET. Схема включения и назначения выводов микросхем соответствуют приведенным на рис. 8 для микросхем MAX16822A/B. Отличия микросхем от MAX16822: выходной ток до 1 А, MOSFET — $R_{on} = 0,45$ Ом. MAX16834 — мощный драйвер светодиодов с датчиком R_{sense} в цепи стока внешнего MOSFET и ШИМ-регуляцией яркости другим внешним MOSFET. Сферы применения: автомобильные передние и задние лампы, проекционные RGB-лампы, светильники

точечного и окружающего света, а также в качестве DC/DC-преобразователей в конфигурациях Boost/Buck-Boost. Микросхема в режиме токового управления может работать в конфигурациях Boost, Buck-Boost, SEPIC, High-Side Buck. Типовое включение микросхемы в конфигурации Buck-Boost приведено на рис. 11.

Основные особенности микросхемы:

- широкий диапазон питающих напряжений (4,75–28 В);
- возможность работы при напряжении более 28 В с внешним ограничителем напряжения на выводе V_{in} ;
- широкий диапазон регулировки яркости свечения светодиодов (3000:1) с ШИМ и аналоговой регулировкой;
- интегрированный ШИМ MOSFET-драйвер регулировки яркости;
- интегрированный усилитель датчика R_{sense} в цепи стока MOSFET для конфигурации Buck-Boost;



Рис. 12. Внешний вид драйвера MAX16839

- регулируемая частота переключения в диапазоне 100 кГц–1 МГц;
- вход внешней синхронизации, регулируемый порог срабатывания схемы защиты от перенапряжений;
- встроенный стабилизатор напряжения +7 В с низким падением напряжения на проходном транзисторе;
- выход сигнала срабатывания (тревоги) схем защиты от перегрузки по току, напряжению и перегрева;
- регулируемая дифференциальная схема защиты от перенапряжения.

MAX16836 — 40 В/350 мА драйвер сверхъярких светодиодов с ШИМ-управлением яркостью свечения и встроенным стабилизатором напряжения +5 В. Структура и расположение выводов микросхемы такие же; как у MAX16800 (схема включения приведена на рис. 3), за одним исключением: имеется дополнительный вход DIM (вывод 13) для подачи ШИМ-сигнала регулировки яркости свечения светодиодов. Существенных отличий у обеих микросхем нет.

В сентябре 2009 г. фирма анонсировала линейный драйвер светодиодов высокой яркости MAX16839 (рис. 12).

Основные особенности микросхемы:

- напряжение питания 5–40 В;
- встроенный проходной транзистор с открытым стоком;
- регулируемый в пределах 15–100 мА выходной ток, ШИМ-управление яркостью;
- детектор обрыва светодиодов, корпуса TDFN-EP-6, SO-EP-8 (отпускная цена в США 510 долл. за 1000 шт.).

В информационных листах рассмотренных микросхем приведена вся информация, необходимая для расчета конкретных реализаций устройств. В каталоге фирмы 2010 г. имеются демонстрационные платы, имеющие наименования, состоящие из наименования микросхемы и окончания EVKIT (Evaluation Board MAX16839EVKIT). Габаритные чертежи корпусов рассмотренных микросхем приведены на сайте журнала — http://led-e.ru/Drafts_JPEG.zip

Литература

1. <http://www.maxim-ic.com/company/>
2. <http://www.maxim-ic.com/products/display/>
3. <http://para.maxim-ic.com/en/search.mvp?fam=hbled&tree=master>

Перечень использованных сокращений

SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter) — напряжение на выходе преобразователя этого типа может быть как больше, так и меньше входного, что обеспечивается наличием разделительного конденсатора и дополнительного дросселя на выходе (C25, L2 на рис. 10).

Cuk LED — напряжение на выходе преобразователей этого типа имеет отрицательную полярность относительно общего провода (в схемах используются дополнительные разделительный конденсатор, дроссель, выпрямитель и LC-фильтр).

MOSFET (Metal-oxide-semiconductor Field Effect Transistor) — МОП (МДП) полевой транзистор.

DMOP (Double-diffused Metal-oxide-semiconductor) — сокращенное название полевого транзистора, имеющего структуру, изготовленную методом двойной диффузии.