

# Драйверы светодиодов компании Linear Technology

Юрий Петропавловский (Ростовская обл.)

В статье рассмотрена номенклатура и классификационные параметры микросхем драйверов светодиодов компании Linear Technology, выпущенных в 2010 и 2011 гг.

В конце 2011 г. компания Linear Technology (США) отметила 30-летний юбилей [1]. Компания была основана в 1981 г. Робертом Свонсоном и Робертом Добкиным, работавшими до этого в National Semiconductor. Добкину принадлежат такие известные решения, как трёхвыводные, регулируемые одним резистором стабилизаторы напряжения в стандартных корпусах TO-220, TO-3, TO-93, включая популярные микросхемы LM317/LM337.

На протяжении своей истории компания Linear Technology реализовала многочисленные разработки в области

аналоговых и аналого-цифровых ИС. Оригинальные схемотехнические решения и технологии корпусов ИС, в частности DC/DC-преобразователей напряжения, позволили создать новое поколение локализованных вблизи нагрузки устройств для питания различных систем, в том числе на базе ПЛИС (FPGA), получивших название  $\mu$ -модулей [2].

Особенностями  $\mu$ -модулей являются:

- точное поддержание выходного тока нагрузки от импульса к импульсу;
- возможность перераспределения выходного тока между нагрузками;

- возможность питания преобразователей от нескольких источников (в случае недостаточной мощности единичного источника);
- возможность работы на различные шины питания ПЛИС или систем питания с функцией слежения и/или последовательного включения/выключения выходных напряжений;
- пониженные требования к параметрам фильтрующих конденсаторов;
- низкий профиль конструкции преобразователей для увеличения интенсивности охлаждающего потока воздуха.

Более подробная информация о возможностях  $\mu$ -модулей приведена в [3].

В каталоге компании от 2012 г. приведены 87 типов драйверов светодиодов различных структур [4, 5]; их классификационные параметры – только для основных исполнений – перечислены в таблице. Ниже мы рассмотрим особенности некоторых ИС, выпущенных в 2010–2011 гг.

*Микросхема LT3597* – трёхканальный понижающий драйвер светодиодов с входным напряжением до 60 В. Области применения микросхемы, рекомендованные изготовителем: доски объявлений и вывески; моно-, мульти- и полноцветные светодиодные дисплеи; светодиодная подсветка больших экранов; автомобильные, промышленные и медицинские дисплеи. Особенности микросхемы:

- три понижающих регулятора тока с током до 100 мА и быстродействующими ключами N–P–N (до десяти последовательно включённых светодиодов в каждой цепочке);
- быстродействующие источники тока (длительность импульсов до 1 мкс), диапазон регулировки яркости без изменения оттенка 10 000 : 1 (технология True Color PWM™);
- сохранение работоспособности при отказах отдельных светодиодов;
- адаптация выходного напряжения для повышения эффективности преобразования;
- диапазон входных напряжений 6...60 В;
- точность установки токов светодиодов  $\pm 2\%$ ;

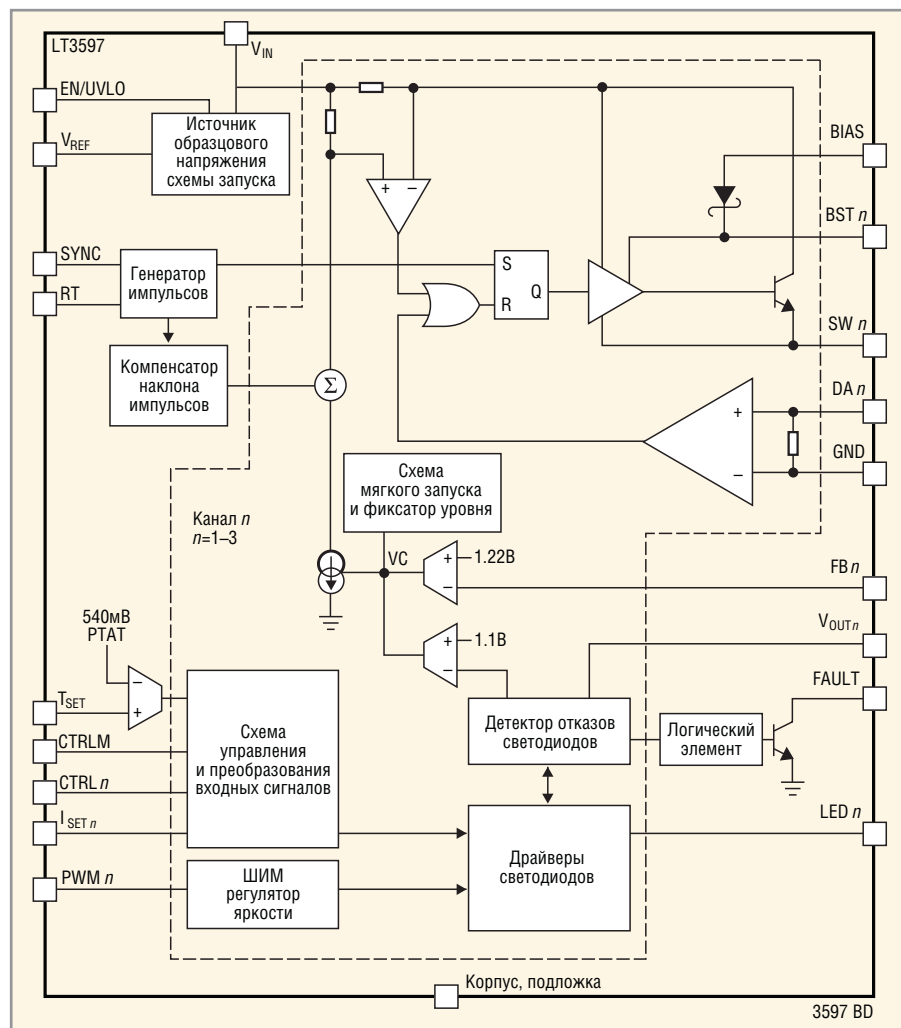


Рис. 1. Структурная схема ИС LT3597

## Основные параметры ИС драйверов светодиодов компании Linear Technology

Тип ИС	Число выходов	Увх.мин. (В)	Увх.макс. (В)	Ивых, А	Увых, В	Топология	Число светодиодов	Корпус
LT1618	1	1,6	18	2	36	Boost, Sepic, Flyback	20	MS-10, DFN-10
LT1932	1	1	10	0,55	36	Boost	8	ThinSOT
LT1937	1	2,5	10	0,22	36	Boost	4	ThinSOT, SC-70
LT3003	3	3	40	0,35		Ballaster		MS-10E
LT3465	1	2,7	16	0,34	30	Boost	6	ThinSOT
LT3465A	1	2,7	16	0,34	30	Boost	6	ThinSOT
LT3466	2	2,7	24	0,4	39,5	Boost	2 × 10	DFN10
LT3474/FEAT.	1	4	36	2,1	15	Buck	4	TSSOP16
LT3475-1	2	4	36	2	25	Buck	4	TSSOP20
LT3476	4	2,8	16	4	36	Boost, Buck-Boost, Buck	4 × 8	QFN38
LT3477	1	2,3	25	6,3	40	Buck, Boost, Buck-Boost	12	QFN-20, TSSOP-20
LT3478	1	2,8	36	6,3	42	Boost, Buck-Boost, Buck	6	TSSOP-16
LT3486	2	2,4	24	1,2	35,4	Boost	2 × 10	DFN-16, TSSOP-16
LT3491	1	2,5	12	0,35	24	Boost	6	SC-70, DFN-6
LT3492	3	3	30	1	60	Buck, Boost, Buck-Boost	3 × 10	QFN-28, TSSOP-28
LT3496	3	3	30	1	45	Boost, Buck-Boost, Buck	3 × 10	QFN-28, TSSOP-16
LT3497	2	2,5	10	0,4	35	Boost	2 × 6	DFN-10
LT3517	1	3	30	1,9	40	Buck, Boost, Buck-Boost	10	QFN-16, TSSOP-16
LT3518	1	2	40	2,8	45	Buck, Boost, Buck-Boost	10	QFN-16
LT3519	1	3	30	0,98	45	Boost, Sepic, Buck-Boost, Buck	10	MS-16
LT3590	1	4,5	55	0,115	55	Buck	10	SC-70, DFN-6
LT3591	1	2,5	12	0,8	42	Boost	10	DFN-8
LT3592	1	3,6	36	1,25	36	Buck	10	DFN-10, MS-10
LT3593	1	2,7	5,5	0,7	45	Boost	10	DFN-6, SOT-23
LT3595	16	4,5	45	0,12	45	Buck	16 × 10	QFN-56
LT3595A	16	4,5	45	0,12	45	Buck	16 × 10	QFN-56
LT3596	3	6	60	1	60	Buck	3 × 10	QFN-52
LT3597/NEW	3	6	60	0,51		Buck	3 × 10	QFN-52
LT3598/FEAT	6	6	30	0,33	44	Boost, Sepic	6 × 10	QFN-24
LT3599/FEAT	4	4	30	0,625	44	Boost, Sepic	4 × 10	QFN-32, TSSOP-28
LT3956/FEAT	3	6	60	0,51	44	Boost, Sepic	3 × 10	QFN-52
LT3799/NEW	6	3,2	30	0,33	44	Boost, Sepic	6 × 10	QFN-24
LT3598/FEAT	1	3,2	30	2	44	Boost, Sepic	10	QFN-24
LT3599/FEAT	1	3	30	2,5	44	Boost, Sepic	10	QFN-32, TSSOP-28
LT3741	1	6	60	25	34	Buck	10	QFN-20
LT3743/FEAT	1	6	36	20	30	Buck	10	QFN-28, TSSOP-28
LT3745/NEW	16	6	36		36	Buck	16 × 10	QFN-40
LT3746/NEW	32	6	55		13	Buck	32 × 3	QFN-56
LT3754	16	6	40	0,375	45	Boost	16 × 10	QFN-32
LT3755-1/FEAT	1	4,5	40	25	75	Buck, Boost, Sepic, Buck-Boost	25+	QFN-16, MS-16
LT3756-1/FEAT	1	6	100	25	100	Buck, Boost, Sepic, Buck-Boost	25+	QFN-16, MS-16
LT3760	8	6	40	0,5	45	Boost	8 × 10	TSSOP-28
LT8500/NEW	48	3	5,5			ШИМ		QFN-56
LTC3200	1	2,7	4,5		5	Charge Pump	6	MS-8
LTC3201	1	2,7	4,5		4,5	Charge Pump	6	MS-10
LTC3202	1	2,7	4,5		4,5	Charge Pump	8	DFN-10, MS-10
LTC3205	7	2,8	4,5		4,5	Charge Pump	4,2,1 RGB	QFN-24
LTC3206	11	2,8	4,5		4,5	Charge Pump	6,4,1 RGB	QFN-24
LTC3207	13	2,9	4,5		4,5	Charge Pump	12 + 1	QFN-24
LTC3208	17	2,9	4,5		5	Charge Pump	17	QFN-32
LTC3209	8	2,9	4,5		5,1	Charge Pump	5,2,1	QFN-20
LTC3210	5	2,9	4,5		5,05	Charge Pump	4,1	QFN-16
LTC3212	3	2,7	4,5		5,5	Charge Pump	3	DFN-12
LTC3214	1	2,9	4,4		5	Charge Pump	1	DFN-10
LTC3215	1	2,9	4,5		5,1	Charge Pump	1	DFN-10
LTC3216	1	2,9	4,5		5,1	Charge Pump	1	DFN-12
LTC3217	4	2,9	4,5		5,05	Charge Pump	4	QFN-16
LTC3218	1	2,9	4,5		5,3	Charge Pump	1	DFN-10
LTC3219/FEAT	9	2,9	5,5		5,5	Charge Pump	9	QFN-20
LTC3220/FEAT	18	2,9	5,5		5,5	Charge Pump	18	QFN-24
LTC3230/FEAT	5	2,7	5,5		5,5	Charge Pump	5	QFN-20
LTC3452/FEAT	7	2,7	5,5		4,5	Buck-Boost	5	QFN-20
LTC3453/FEAT	4	2,7	5,5		4,5	Buck-Boost	4	QFN-16
LTC3454/FEAT	1	2,7	5,5		5,15	Buck-Boost	1	DFN-10
LTC3490	1	1	3,2	2	4	Boost	2	DFN-10, SO-8
LTC3675/FEAT	7	2,7	5,5	2,8	5,5	Buck	10	QFN-44
LTC3783	1	4	36	25	100	Boost, Sepic, Flyback	25+	DFN-16, TSSOP-16
LTM8040/FEAT	1	3	30	1	13	Buck	4	LGA
LTM8042/FEAT	1	3	30	1	32	Boost, Buck	10	LGA

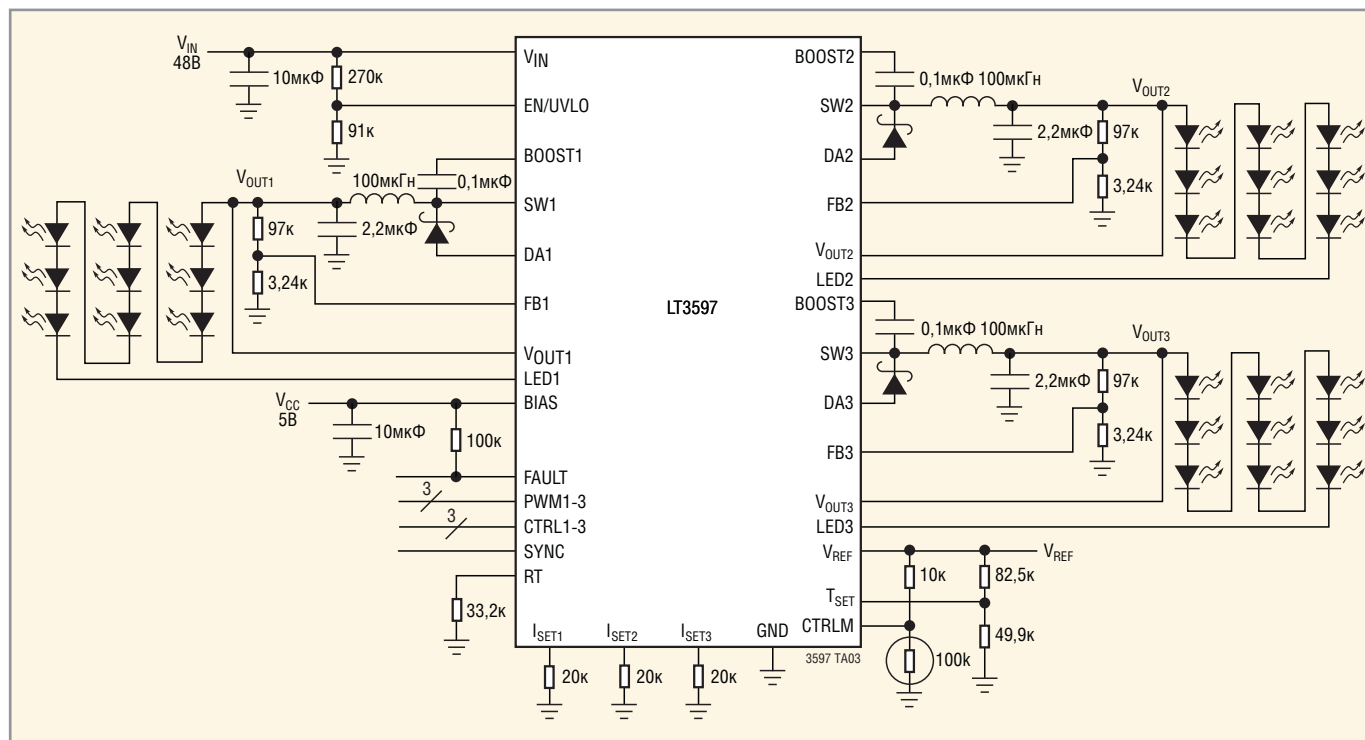


Рис. 2. Типовая схема включения микросхемы LT3597

- установка выходного тока внешними резисторами в каждом канале;
- мягкий запуск и внутренняя компенсация;
- программируемая частота генерации (0,2...1 МГц);
- возможность внешней синхронизации;
- мониторинг обрывов и коротких замыканий в цепях нагрузок;
- программирование тепловых режимов светодиодов;
- программируемая температурная защита;
- миниатюрный корпус QFN 8 × 5 × 0,6 мм;
- промышленный рабочий диапазон температур -40...125°C.

Структурная схема ИС приведена на рисунке 1, в неё входят следующие

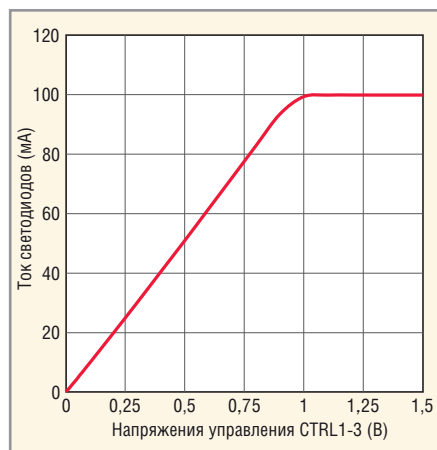


Рис. 3. Зависимость выходного тока микросхемы LT3597 от напряжения управления

основные узлы: источник образцового напряжения схемы запуска; генератор импульсов; компенсатор нелинейности генератора; схема мягкого запуска и фиксатор уровня; схема управления и преобразования входных сигналов; ШИМ-регулятор яркости; детектор отказов светодиодов; драйверы светодиодов; логические схемы, компараторы и ОУ.

На рисунке 2 приведена типовая схема включения микросхемы для питания трёх цепочек по девять белых светодиодов в каждой токком 100 мА при входном напряжении 48 В; частота внутреннего генератора 1 МГц. Назначение функциональных выводов микросхемы:

- BOOST1, BOOST2, BOOST3 (выводы 2, 48, 39) – подключение запускающих конденсаторов;
- SW1, SW2, SW3 (выводы 4, 46, 41) – подключение индуктивностей, диодов вольтодобавки (Catch Diode) и запускающих конденсаторов;
- DA1, DA2, DA3 (выводы 6, 44, 43) – подключение анодов диодов вольтодобавки;
- FB1, FB2, FB3 (выводы 7, 34, 35) – входы обратной связи;
- EN/UVLO (вывод 9) – входы запуска и схемы детектирования пониженного напряжения питания; пороговое значение напряжения на выводе составляет 1,51 В и может быть изменено внешними резисторами;

- Tset (вывод 11) – вход схемы терморегулирования (программируется температура кристалла);
- Iset1, Iset2, Iset3 (выводы 14, 15, 16) – входы для программирования номиналов выходных токов 3 каналов микросхемы;
- RT (вывод 17) – вывод для подключения внешнего резистора установки частоты генератора (при  $R_t = 33,2 \text{ кОм}$   $f = 1 \text{ МГц}$ , при  $80 \text{ кОм}$  –  $0,5 \text{ МГц}$ , при  $20 \text{ кОм}$  –  $0,2 \text{ МГц}$ );
- Vout1, Vout2, Vout3 (выводы 19, 22, 23) – выводы для программирования оптимального выходного напряжения драйверов;
- VREF (вывод 12) – выход образцового напряжения 2 В (ток нагрузки не более 200 мкА);
- CTRLM (вывод 13) – вывод для подключения терморезистора с отрицательным ТКС для компенсации изменений температуры окружающей среды;
- LED1, LED2, LED3 (выводы 20, 21, 24) – токовые выходы трёх каналов микросхемы;
- FAULT (вывод 25) – выход сигнала «обрыв» нагрузки;
- SYNC (вывод 27) – вход внешней синхронизации;
- PWM1, PWM2, PWM3 (выводы 30, 29, 28) – ШИМ-входы регулировки яркости (если ШИМ-регулировка не используется, выводы необходимо соединить с выводом 12, VREF);

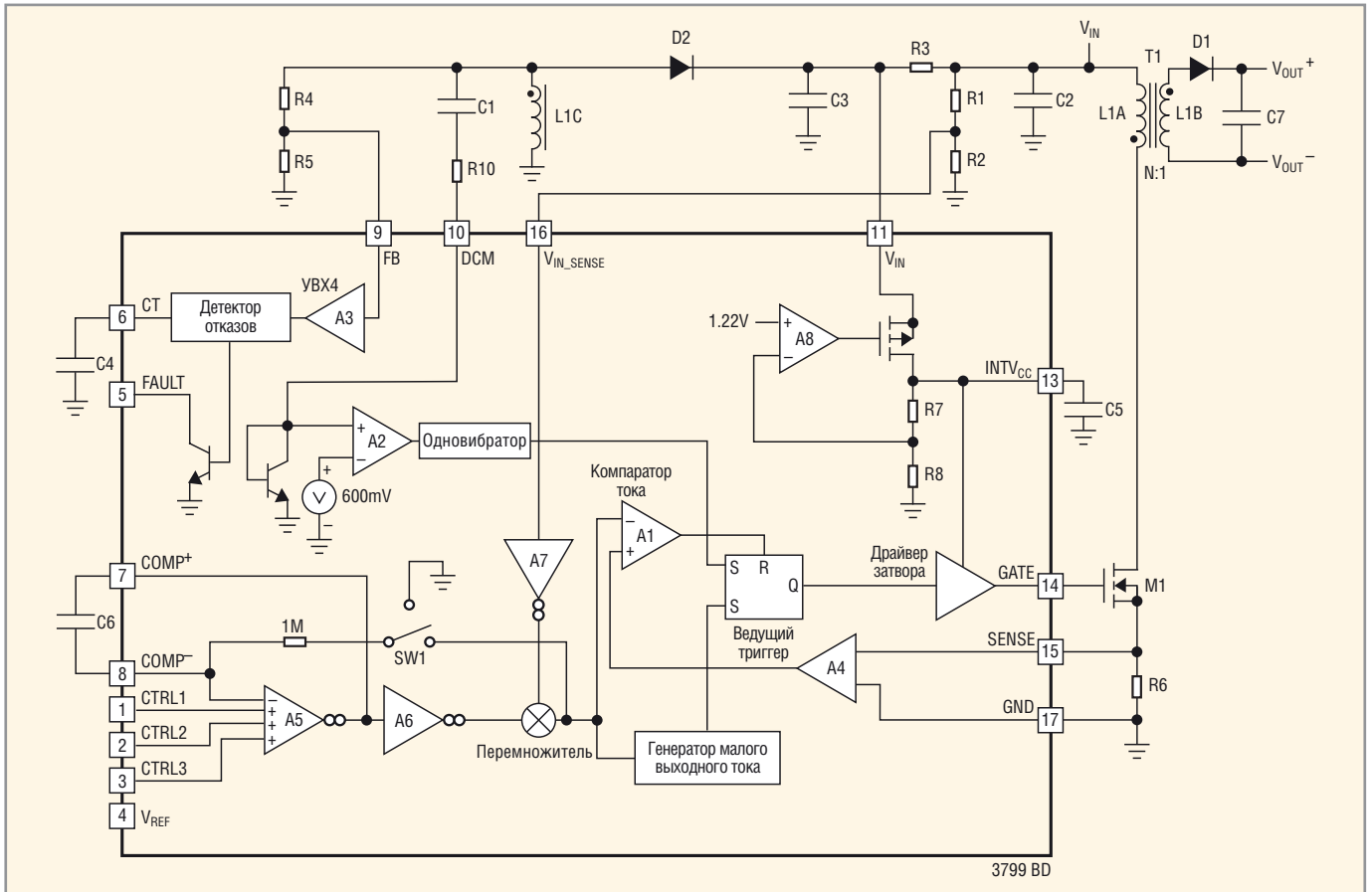


Рис. 4. Структурная схема ИС LT3799

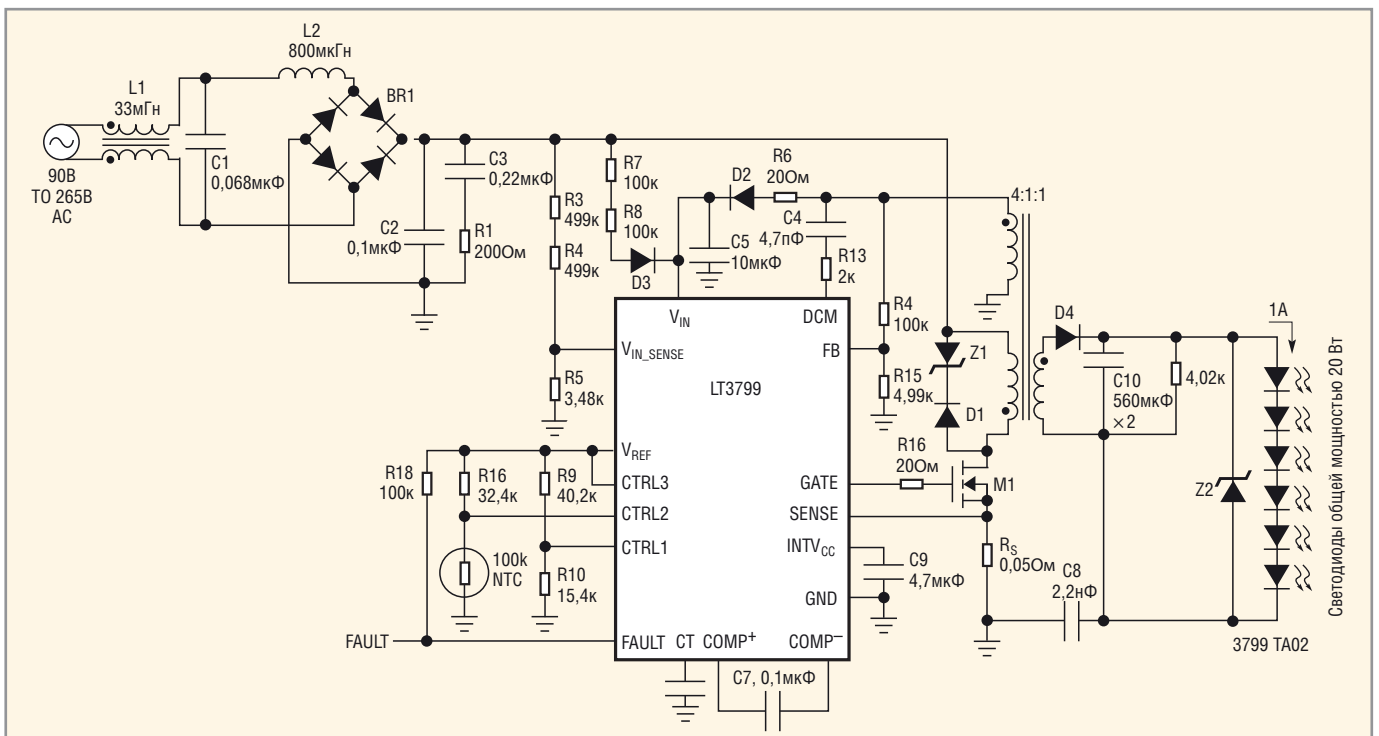


Рис. 5. Типовая схема включения ИС LT3799

- CTRL1, CTRL2, CTRL3 (выводы 33, 32, 31) – аналоговые входы управления яркостью;
- BIAS (вывод 37) – напряжение смещения внутренних узлов микросхемы;
- Vin (выводы 50, 51) – общее напряжение питания.

Номинальный ток каждой цепочки светодиодов может быть отдельно запрограммирован до 100 мА регулируемой сопротивлений внешних резисторов на выводах Iset1 – Iset3. Точность установки токов составляет ±2%. Величина номинального выходного тока

определяется выражением:  $I_{\text{ВЫХ}1-3} = 2B/R_{\text{Iset}1-3}$ , где  $I_{\text{ВЫХ}1-3}$  – номинальные выходные токи в цепочках светодиодов на выходах LED1 – LED3 микросхемы в мА,  $R_{\text{Iset}1-3}$  – сопротивления резисторов между выводами Iset1 – Iset3 и корпусом в кОм. Примеры: при

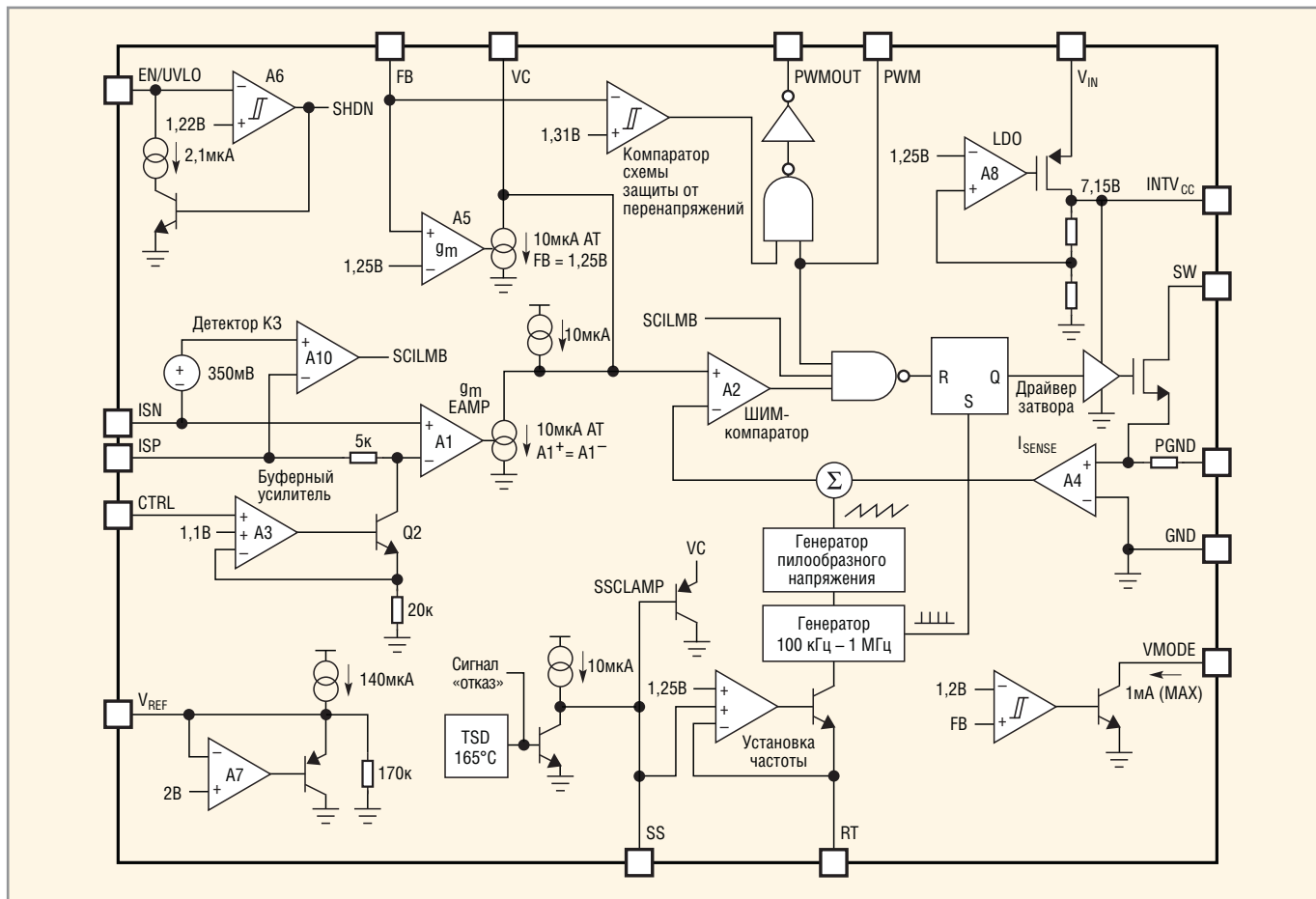


Рис. 6. Структурная схема ИС LT3956

$R_{Iset} = 20 \text{ кОм}$ ,  $I_{ВЫХ} = 100 \text{ мА}$ ;  $25 \text{ кОм} - 80 \text{ мА}$ ;  $33,3 \text{ кОм} - 60 \text{ мА}$ ;  $50 \text{ кОм} - 40 \text{ мА}$ ;  $100 \text{ кОм} - 20 \text{ мА}$ .

Регулировка яркости свечения светодиодов в пределах  $0...I_{ВЫХ}$  может осуществляться напряжениями в диапазоне  $0...1 \text{ В}$ , подаваемыми на выводы CTRL1 – CTRL3; соответствующая зависимость  $I_{ВЫХ}$  от  $U_{CTRL}$  приведена на рисунке 3. ШИМ-регулировка яркости осуществляется подачей импульсов на входы PWM1 – PWM3; параметры импульсов:  $U_{лог. 0}$  не более  $0,4 \text{ В}$ ,  $U_{лог. 1}$  не

менее  $1,6 \text{ В}$  (не более  $6 \text{ В}$ ), минимальная длительность импульсов  $1 \text{ мкс}$ , максимальный период следования  $100 \text{ мс}$ . Регулировка яркости в пределах  $10\,000 : 1$  обеспечивается при изменении коэффициента заполнения импульсов в диапазоне  $0,01...100\%$ .

В микросхеме предусмотрена специальная температурная регулировка, предотвращающая перегрев как собственного кристалла микросхемы, так и подключённых светодиодов при повышении температуры окружающей

среды. Максимальная температура кристалла микросхемы  $T_j$  задаётся резистором R2, подключённым между выводами Vref и Tset, и R1 – между выводом Tset и корпусом. Примеры:  $T_j = 85^\circ\text{C} - R1/R2 = 49,9 \text{ кОм}/97,6 \text{ кОм}$ ;  $T_j = 100^\circ\text{C} - 49,9 \text{ кОм}/90,9 \text{ кОм}$ ;  $T_j = 115^\circ\text{C} - 49,9 \text{ кОм}/84,5 \text{ кОм}$ .

При установке резистора с отрицательным температурным коэффициентом сопротивления (NTC) между выводом 13 (CTRLM) и корпусом можно обеспечить контроль температуры светодиодов на всём периоде эксплуатации системы при изменениях температуры окружающей среды.

Микросхема LT3799 (2011) – изолированный обратноходовой преобразователь для питания светодиодов с активным корректором коэффициента мощности (ККМ). Изоляция от питающей сети обеспечивается выходным импульсным трансформатором. Области применения микросхемы, рекомендованные изготовителем: светодиодные устройства мощностью от  $4$  до  $100 \text{ Вт}$  с высоким постоянным напряжением питания. Особенности прибора:

- изолированный драйвер с ККМ и минимальным числом внешних компонентов;

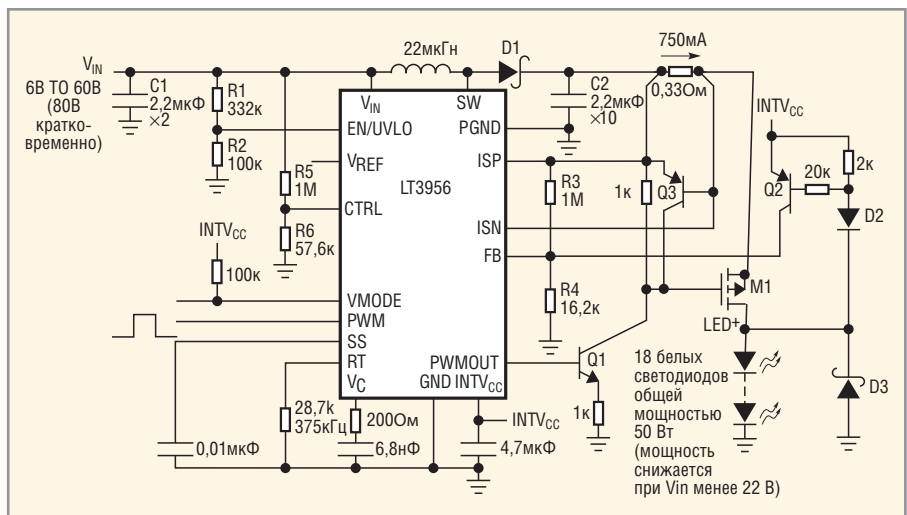


Рис. 7. Типовая схема включения ИС LT3956

- возможность симисторной регулировки яркости;
- допустимые входное и выходное напряжения определяются только параметрами внешних компонентов;
- активный ККМ (типичное значение КМ более 0,97);
- низкий уровень гармоник в выходном сигнале;
- отсутствие внешних оптронов;
- установка выходного тока с погрешностью не более  $\pm 5\%$ ;
- защита от обрыва и коротких замыканий в светодиодной цепи;
- термостойкий 16-выводной корпус MSOP;
- промышленный диапазон рабочих температур  $-40...125^\circ\text{C}$ .

Структурная схема ИС приведена на рисунке 4, в неё входят следующие основные узлы: детектор отказов; одно-вибратор; перемножитель; компаратор тока; ведущий RS-триггер; генератор малого выходного тока; драйвер затвора; ОУ, компараторы и УВХ.

На рисунке 5 показана типовая схема включения ИС с возможностью симисторной регулировки яркости светодиодов общей мощностью 20 Вт при работе в диапазоне сетевых напряжений 90...265 В. При работе от сети с напряжением 220 В схема может быть оптимизирована, для чего номиналы следующих элементов должны иметь другие значения:  $R_{10} = 24,9 \text{ кОм}$ ,  $R_s = 0,075 \text{ Ом}$ ,  $R_1 = 1 \text{ кОм}$ ,  $C_2 = 0,033 \text{ мкФ}$ ,  $C_3 = 0,1 \text{ мкФ}$ .

Микросхема LT3956 (2010) – преобразователь постоянного тока и напряжения для питания светодиодов высокой яркости. ИС может быть также использована в зарядных устройствах и стабилизаторах напряжения с точным ограничением выходного тока. В неё интегрированы N-канальный полевой транзистор с  $U_{\text{си}} = 84 \text{ В}$ ,  $I_c = 3,9 \text{ А}$ ,  $R_{\text{ds,on}} = 90 \text{ мОм}$  и стабилизатор напряжения 7,15 В. Предусмотрена регулировка частоты внутреннего генератора в пределах 0,1...1 МГц. ШИМ-регулировка яркости свечения светодиодов обеспечивается в диапазоне 3000 : 1; возможна также аналоговая регулировка яркости. Другие особенности микросхемы:

- широкий диапазон входных напряжений 4,5...80 В;
- возможность реализации режимов преобразования Boost, Buck, Buck-Boost, Sepic и Flyback;
- защита при обрыве светодиодов;

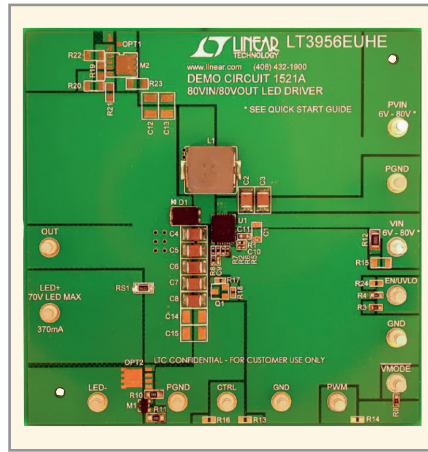


Рис. 8. Внешний вид демонстрационной платы 1521A

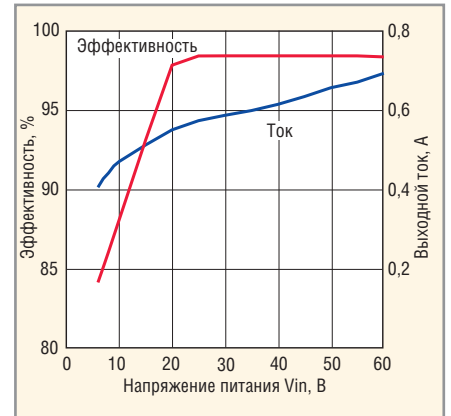


Рис. 9. Зависимости КПД (%) и выходного тока преобразователя на микросхеме LT3956 от напряжения питания

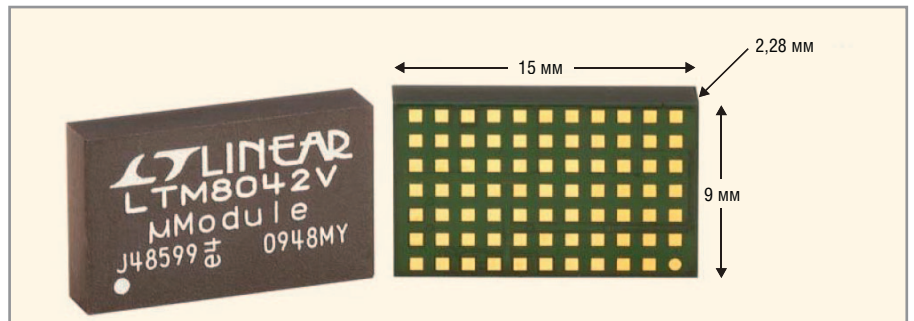


Рис. 10. Внешний вид и габариты микросхем LTM8042, LTM8042-1

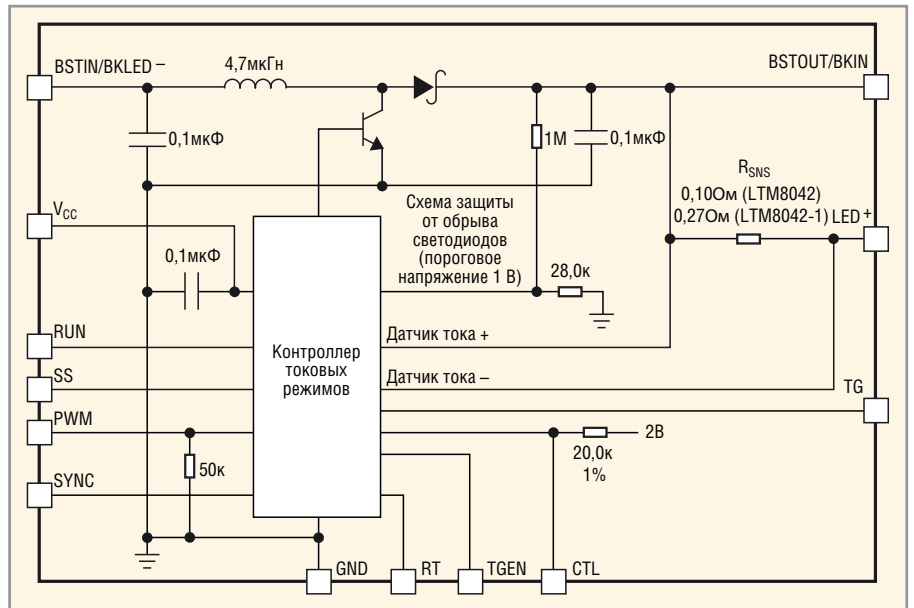


Рис. 11. Структурная схема ИС LTM8042, LTM8042-1

- программируемый мягкий запуск;
- промышленный рабочий диапазон температур  $-40...125^\circ\text{C}$ .

Структурная схема ИС приведена на рисунке 6, в её состав входят следующие основные узлы: детектор коротких замыканий; буферный усилитель сигнала управления; компаратор схемы защиты от перенапряжений; схема температурной защиты (TSD  $165^\circ\text{C}$ ); ШИМ-компаратор; генератор пилообразного напряжения; перестраиваемый

генератор импульсов (0,1...1 МГц); драйвер затвора; усилитель сигнала датчика выходного тока ( $I_{\text{sense}}$ ); ОУ, компараторы, логические элементы.

Типовая схема включения ИС в качестве повышающего преобразователя для питания цепочки светодиодов мощностью 50 Вт приведена на рисунке 7. Внешний вид демонстрационной платы источника питания LT3956EUHE (Demo Circuit 1521A) показан на рисунке 8. В качестве выходного ключа

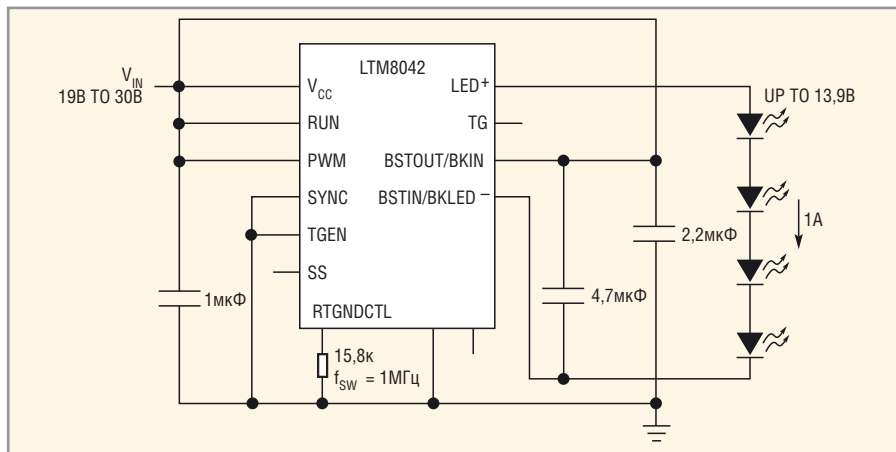


Рис. 12. Типовая схема включения ИС LTM8042 и LTM8042-1

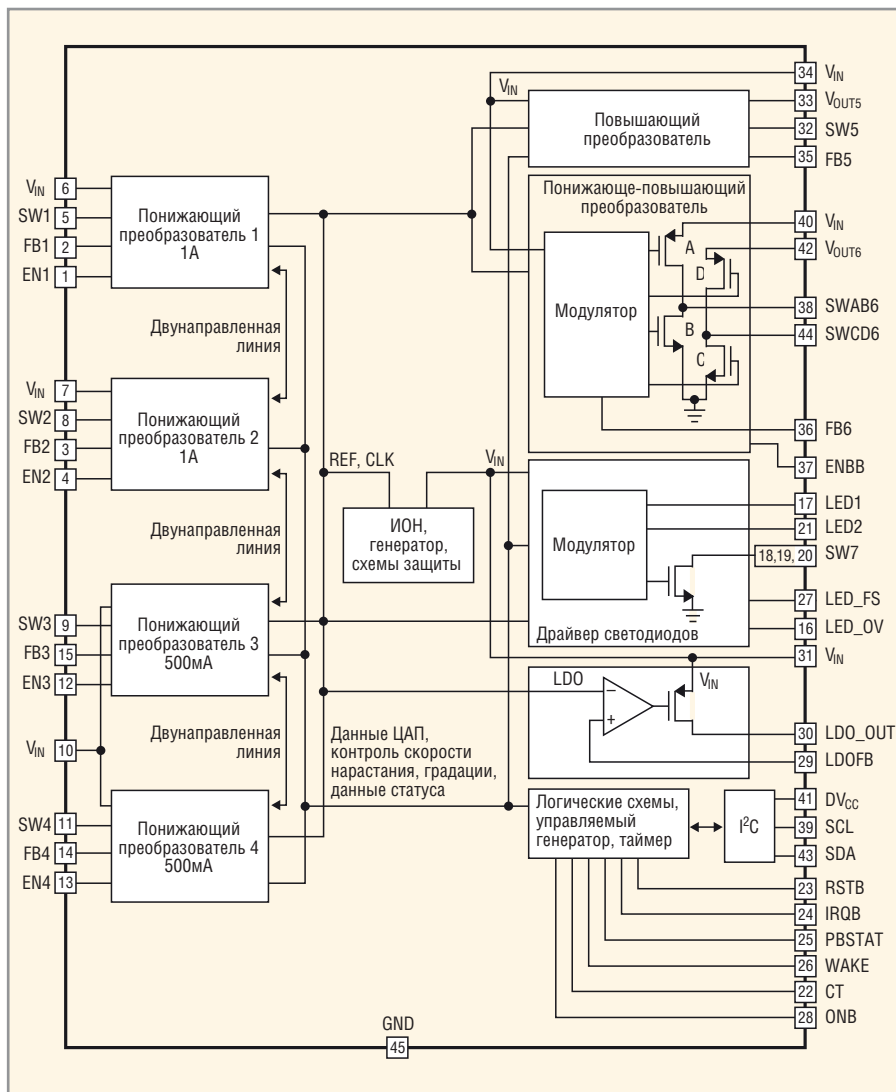


Рис. 13. Структура микросхемы LTC3675

ча Q1 применён МОП-транзистор Si7113DN фирмы Vishay Siliconix. Схема отличается высокой эффективностью, которую иллюстрируют зависимости КПД (%) и выходного тока преобразователя от входного напряжения на рисунке 9.

Микросхемы LTM8042, LTM8042-1 (2010) – повышающий драйвер светодиода класса µModule и источник тока.

Приборы разработаны для питания светодиодов током до 1 А (LTM8042) или до 350 мА (LTM8042-1). Драйвер обеспечивает ШИМ-регулировку яркости в пределах 3000 : 1 и аналоговую регулировку одним резистором в пределах 10 : 1. Области применения микросхем, рекомендованные изготовите-

лем: подсветка дисплеев, подсветка автомобильных и авиационных приборов, освещение, сканеры. Особенности микросхем:

- регулировка яркости без изменения цветовых оттенков (технология True Color PWM™);
- возможность реализации топологий Boost, Buck, Buck-Boost;
- широкий диапазон входных напряжений 3...30 В;
- интегрированный драйвер затвора и возможность включения дополнительного р-канального МОП-транзистора для ШИМ-регулировки яркости;
- регулировка частоты коммутации в пределах 0,25...2 МГц;
- стабилизация тока и напряжения;
- малый ток потребления в состоянии ожидания (не более 1 мкА);
- промышленный рабочий диапазон температур –40...125°C.

Внешний вид микросхем показан на рисунке 10. На рисунке 11 приведена структурная схема ИС, в её состав входит контроллер светодиодов и все необходимые компоненты, в том числе катушка индуктивности. Схема включения ИС в режиме понижающего преобразователя показана на рисунке 12. Драйвер обеспечивает питание светодиодов стабильным током 1 А ( $U_{\text{вых}}$  до 13,9 В) при изменении входного напряжения в пределах 19...30 В.

Микросхема LTC3675 (2010) – семиканальная конфигурируемая микросхема управления питанием большой мощности (High Power PMIC). В состав ИС входят многоканальный DC/DC-преобразователь и двоярный драйвер светодиодов. Входное напряжение  $V_{\text{in}}$ , подаваемое на микросхему, может находиться в пределах 2,7...5,5 В, что позволяет использовать в качестве первичного источника питания литий-ионные аккумуляторы и другие автономные источники электроэнергии. Основные области применения микросхемы: мощные (5...10 Вт) устройства с питанием от аккумуляторов; портативные промышленные приборы; ручные терминалы; переносные измерительные приборы; многоканальные источники питания. Особенности микросхемы:

- четыре монолитных синхронных понижающих DC/DC-преобразователя 1 А/1 А/500 мА/500 мА;
- независимые повышающий (1 А) и понижающий/повышающий (1 А) DC/DC-преобразователи;

- сдвоенный драйвер светодиодов с выходным напряжением до 40 В и управлением по шине I<sup>2</sup>C;
- программируемые по шине I<sup>2</sup>C выходные напряжения, режимы работы и параметры коммутации всех преобразователей;
- малый ток потребления в режиме ожидания (не более 16 мкА);
- промышленный диапазон рабочих температур –40...125°C.

Структурная схема ИС приведена на рисунке 13, в её состав входят следующие основные узлы: понижающие DC/DC-преобразователи напряжения; источник опорного напряжения (ИОН), генератор, схемы защиты; повышающий DC/DC-преобразователь; понижающий/повышающий DC/DC-преобразователь; драйвер светодиодов; стабилизатор с малым падением напряжения (LDO); логические схемы, управляемый генератор, таймер; интерфейс управления (I<sup>2</sup>C).

Типовая схема включения ИС приведена на рисунке 14. Запуск преобразователей производится высоким (0,65 В) логическим уровнем на входах EN1 – EN4 (Buck), ENBB (Buck-Boost). Управление всеми режимами

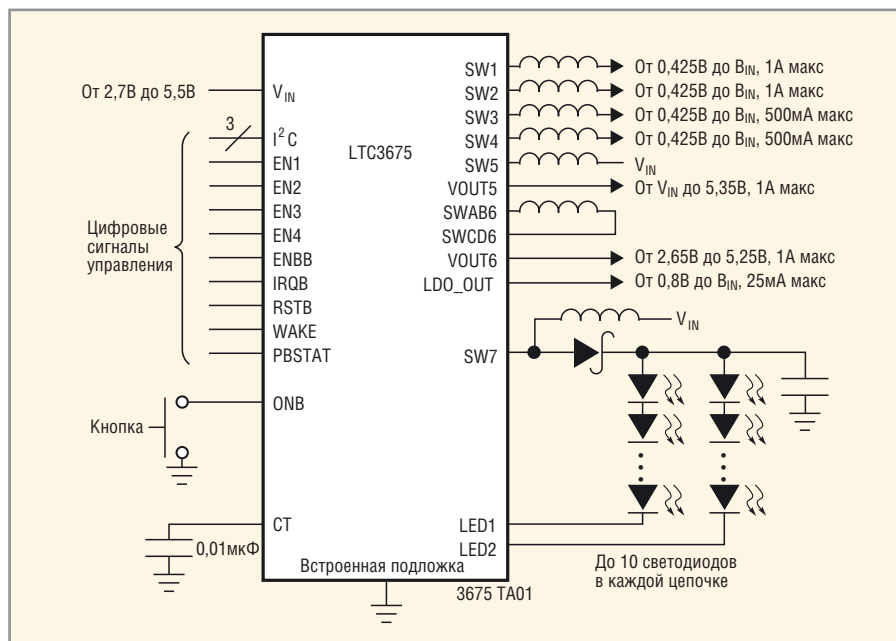


Рис. 14. Типовая схема включения ИС LTC3675

микросхемы осуществляется по интерфейсу I<sup>2</sup>C.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. [http://cds.linear.com/docs/Press%20Release/30%20years%20release%20Final%2009-26-11%20\(4\).pdf](http://cds.linear.com/docs/Press%20Release/30%20years%20release%20Final%2009-26-11%20(4).pdf).
2. <http://www.linear.com/products/>.

3. *Афиши Одабаи*. Уменьшение числа компонентов в источниках питания систем на базе FPGA. Компоненты и технологии. 2011. № 11.

4. [http://www.linear.com/products/led\\_driver\\_ics](http://www.linear.com/products/led_driver_ics).

5. [http://parametric.linear.com/led\\_driver\\_ics](http://parametric.linear.com/led_driver_ics).

