

Юрий Петропавловский

Интегральные модули фирмы PEAK Electronics

Параметры и применение драйверов светодиодов серий PLED

DC/DC-преобразователи компании PEAK Electronics (г. Накенхайм, Германия) получили достаточно широкое распространение на российском рынке промышленной электроники. Кроме них фирма выпускает модули импульсных преобразователей напряжения (AC/DC), драйверы светодиодов, импульсные стабилизаторы напряжения (Switch Regulator), а также монтажные рейки для подключения своих изделий (DIN RAIL).

В предлагаемой статье рассмотрены особенности применения драйверов PEAK Electronics и примеры их использования со светодиодами фирмы Nichia. В 2010 г. в каталоге фирмы были представлены 8 серий этих изделий: PLED-S-xxxLF, PLED-T-xxxLF, PLED-T-xxxKA, PLED-xxxLF, PLED-SD-xxxLF, PLED-S-500/700LF, PLED-P-xxxLF, PLED-P-xxxKA [1, 2]. Классификационные параметры драйверов приведены в таблице 1. Особенности модулей более подробно описаны в таблице 2 (основные параметры, кроме приведенных в таблице 1, действительны для температуры окружающей среды +25 °C).

Применение модулей серии PLED-S-xxxLF

Прежде всего, следует отметить, что приведенные в таблице 1 значения выходных токов являются максимально допустимыми, схемы защиты от коротких замыканий модулей срабатывают при незначительном превышении значений, указанных в таблице (с учетом точностей установки выходных токов соответствующих модулей). У всех приведенных в таблице модулей имеется возможность уменьшения выходных токов путем регулировки напряжения $U_{\text{пер}}$ либо путем регулировки скважности внешних ШИМ-импульсов.

Внешний вид драйверов серии PLED-S-xxxLF (корпус DIP14) приведен на рис. 1. В качестве наполнителя литого пластикового корпуса модулей использована негорючая синтетическая смола UL94V-0. Назначение выводов модулей:

- 1 — $-U_{\text{вх}}$;
- 2 — сигнал управления $U_{\text{пер}}$ (ШИМ/вкл/выкл/регулировка тока);
- 7 — $-U_{\text{вых}}$;
- 8 — $+U_{\text{вых}}$;
- 14 — $+U_{\text{вх}}$.

Таблица 1. Классификационные параметры драйверов

Тип драйвера	$U_{\text{вх}}$, В	$U_{\text{вых}}$, В	$I_{\text{вых}}$, мА	КПД, %	Корпус
PLED-S-300LF	7–30	2–28	300	до 95	DIP-14
PLED-S-350LF	7–30	2–28	350	до 95	DIP-14
PLED-T-500LF	7–30	2–28	500	до 95	DIP-16
PLED-T-600LF	7–30	2–28	600	до 95	DIP-16
PLED-T-700LF	7–30	2–28	700	до 95	DIP-16
PLED-T-1000LF	7–30	2–28	1000	до 95	DIP-16
PLED-T-350KA	7–30	2–28	350	до 95	DIP-16WIRE
PLED-T-500KA	7–30	2–28	500	до 95	DIP-16WIRE
PLED-T-700KA	7–30	2–28	500	до 95	DIP-16WIRE
PLED-T-1000KA	7–30	2–28	1000	до 95	DIP-16WIRE
PLED-300-LF	5–36	2–32	300	до 96	DIP-24
PLED-350-LF	5–36	2–32	350	до 96	DIP-24
PLED-500-LF	5–36	2–32	500	до 96	DIP-24
PLED-600-LF	5–36	2–32	600	до 96	DIP-24
PLED-700-LF	5–36	2–32	700	до 96	DIP-24
PLED-800-LF	5–36	2–32	800	до 96	DIP-24
PLED-900-LF	5–36	2–32	900	до 96	DIP-24
PLED-1000-LF	5–36	2–32	1000	до 96	DIP-24
PLED-1100-LF	5–36	2–32	1100	до 96	DIP-24
PLED-1200-LF	5–36	2–32	1100	до 96	DIP-24
PLED-SD-300LF	5,5–36	2–32	300	до 95	SMD-16
PLED-SD-350LF	5,5–36	2–32	350	до 95	SMD-16
PLED-SD-500LF	5,5–36	2–32	350	до 95	SMD-16
PLED-SD-600LF	5,5–36	2–32	500	до 95	SMD-16
PLED-SD-700LF	5,5–36	2–32	700	до 95	SMD-16
PLED-S-500LF	7–30	2–28	500	до 95	DIP-14
PLED-S-700LF	7–30	2–28	700	до 95	DIP-14
PLED-P-150LF	7–60	2–57	150	до 95	DIP-24
PLED-P-250LF	7–60	2–57	250	до 95	DIP-24
PLED-P-300LF	7–60	2–57	300	до 95	DIP-24
PLED-P-350LF	7–60	2–57	350	до 95	DIP-24
PLED-P-500LF	7–60	2–57	500	до 95	DIP-24
PLED-P-600LF	7–60	2–57	600	до 95	DIP24
PLED-P-700LF	7–60	2–57	700	до 95	DIP24
PLED-P-1000LF	7–60	2–57	1000	до 95	DIP24
PLED-P-150KA	7–60	2–57	150	до 97	DIP24/WIRE
PLED-P-250KA	7–60	2–57	250	до 97	DIP24/WIRE
PLED-P-300KA	7–60	2–57	300	до 97	DIP24/WIRE
PLED-P-350KA	7–60	2–57	350	до 97	DIP24/WIRE
PLED-P-500KA	7–60	2–57	500	до 97	DIP24/WIRE
PLED-P-600KA	7–60	2–57	600	до 97	IP24/WIRE
PLED-P-700KA	7–60	2–57	700	до 97	IP24/WIRE
PLED-P-1000KA	7–60	2–57	1000	до 97	DIP24/WIRE

Таблица 2. Особенности модулей

Характеристика	Серия						
	PLED-S-xxxLF	PLED-T-xxxLF	PLED-T-xxxKA	PLED-xxxLF	PLED-SD-xxxLF	PLED-S-500LF, PLED-S-700LF	PLED-P-xxxLF, PLED-P-xxxKA
Точность установки выходного тока	±5% (при $U_{вх} - U_{вых}$ более 2–3 В)	±7%; ±6% — PLED-T-500LF	±8%; ±6% — PLED-T-350LF	±2%	±5%	±5%	±5%; ±6% — 300LF; ±7% — 250LF; ±8% — 150LF
Пульсации и шумы (в полосе до 20 МГц), мВ	не более 200 (пиковое значение)	не более 250 (PLED-T-1000LF не более 300)	200–300	не более 120		450	150 (150LF); 200 (250LF); 250 (300LF); 300 (350LF); 400
Рабочие частоты, кГц	40–380	500LF — 70–330; 600/700LF — 55–320; 1000LF — 50–300	350KA — 40–370; 500KA — 70–330; 700KA — 55–320; 1000KA — 50–300	до 260		70–450	20–500
Максимальная емкость нагрузки, мкФ	47	47	47	100	470	47	470
Максимальная относительная влажность	95% (rel H)	95%	95%	95%		95%	95%
Расчетная наработка на отказ (MTBF) по стандарту MIL-HDBK-217F, ч	более 5×10^6	более $4,5 \times 10^6$	более 5×10^6	более 2000×10^3	более 2000×10^3	более $4,7 \times 10^6$	950×10^3
Диапазон рабочих температур	-40...+85 °C	-40...+85 °C	-40...+85 °C	-40...+85 °C	-40...+85 °C (300/350LF); -40...+71 °C (500/700LF)	-40...+71 °C	-40...+85 °C
Максимальная температура корпуса, °C	100	100	105	100	100	100	110
Тепловое сопротивление, °C/Вт	35	40 — PLED-T-500LF; 50 — др. модули серии	35 — PLED-T-350KA; 40 — PLED-T-500KA; 50 — 700/1000KA			40	30
Температурный коэффициент, %/°C	±0,03 (максимальное значение)	±0,05; ±0,08 — PLED-T-1000LF	±0,03 — PLED-T-350KA; ±0,08 — другие			±0,03	±0,05
Температура пайки (для драйверов всех типов)	260 °C/10 с (удовлетворяет требованиям RoHS)						
Стандарты безопасности							
Стандарты по электромагнитным излучениям							

Режимы работы модулей задаются величиной напряжения на выводе 2, при отключенном выводе выходной ток принимает значения, приведенные в таблице 1. В диапазоне напряжений 0,3–1,25 В модули обеспечивают регулировку выходного тока, при напряжении менее 0,15 В модули выключены. Ток в цепи управления при напряжении $U_{пер} = 1,25$ В составляет 1 мА. В режиме ШИМ-управления не рекомендуется устанавливать частоту следования входных импульсов более 1 кГц,

Таблица 3. Эмпирические выражения для определения значений выходного тока и управляющего напряжения

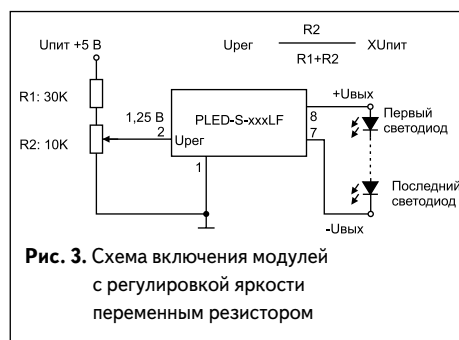
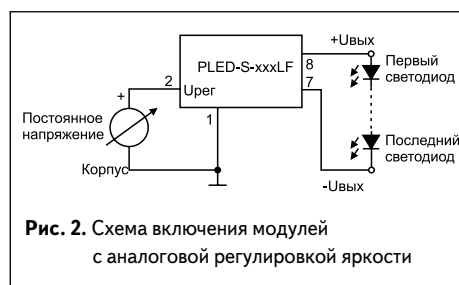
Модуль	Для выходного тока $I_{вых}$, А	Для управляющего напряжения $U_{пер}$, В (при подаче по схеме на рис. 3)
PLED-S-300LF	$0,08 \times U_{пер} / 0,327$	$R_2 U_{пит} / (R_1 + R_2)$
PLED-S-350LF	$0,08 \times U_{пер} / 0,28$	
PLED-S-500LF	$0,08 \times U_{пер} / 0,197$	
PLED-S-700LF	$0,08 \times U_{пер} / 0,139$	



минимальное время нарастания/спада входных ШИМ-импульсов не должно быть менее 200 нс.

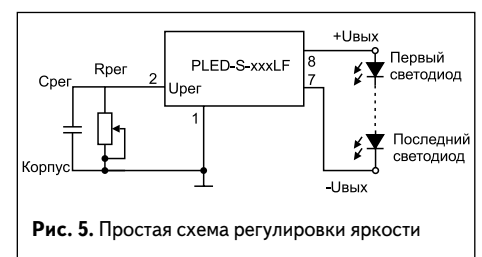
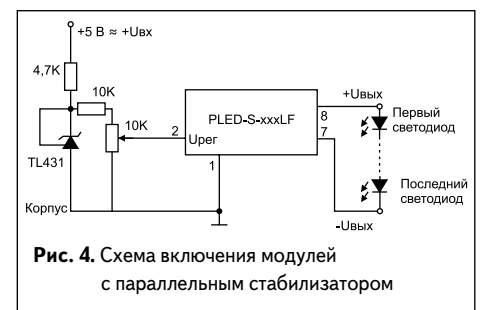
Регулировку выходного тока драйверов можно осуществить несколькими способами. На рис. 2 приведена схема включения модулей с подачей аналогового сигнала управления. Эмпирические выражения для определения значений выходного тока и управляющего напряжения приведены в таблице 3. Напряжение питания $U_{пит}$ должно быть стабилизировано.

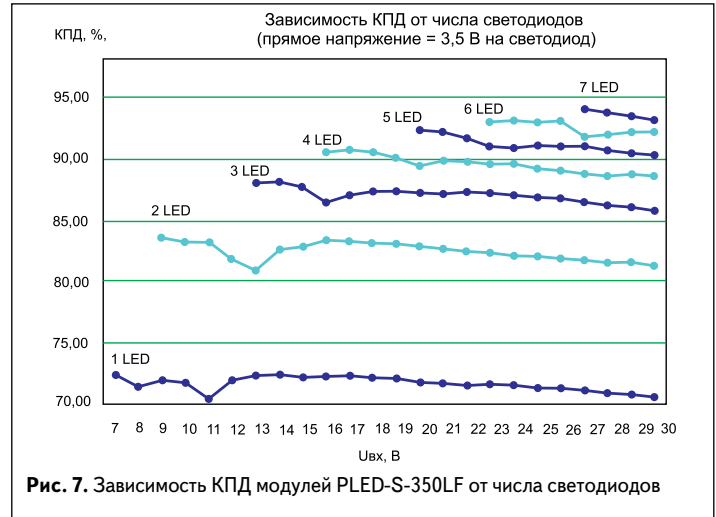
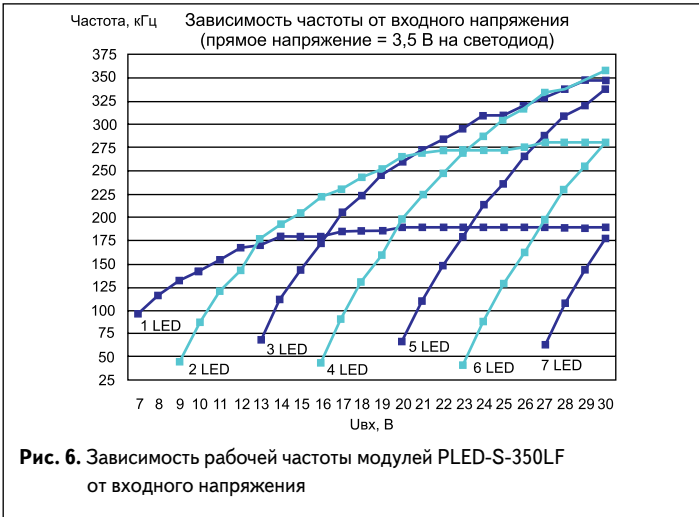
Высокую стабильность напряжения питания в схеме, приведенной на рис. 4, обеспечивает



параллельный стабилизатор напряжения на микросхеме TL431, номинальное напряжение на выходе (катод) составляет 2,495 В (разброс в пределах 2,44–2,55 В) и поддерживается с высокой точностью. Напряжение в средней точке делителя напряжения равно 1,25 В, таким образом напряжение регулировки $U_{пер}$ может меняться в пределах 0–1,25 В.

Наиболее простая схема регулировки выходного тока драйверов с помощью переменного резистора приведена на рис. 5. Значение выходного тока в амперах для этой схемы определяется эмпирическими выражениями: для PLED-S-300LF $I_{вых} = (0,08/0,327) \times R_{пер} / (R_{пер} + 200к)$;





для PLED-S-350LF $I_{\text{вых}} = (0,08/0,28) \times R_{\text{пер}} / (R_{\text{пер}} + 200\text{к})$, сопротивление $R_{\text{пер}}$ в кОм. При использовании приведенных выражений типовая ошибка установки величины выходного тока составляет $\pm 10\%$. Конденсатор $C_{\text{ад}}$ предназначен для снижения воздействия наводок и помех на вход управления, рекомендуется устанавливать керамический конденсатор емкостью 0,22 мкФ.

Внутренняя рабочая частота коммутации драйверов растет при увеличении входного напряжения $U_{\text{вх}}$, кроме того, она зависит и от числа последовательно подключенных светодиодов. Соответствующие зависимости для модуля PLED-S-350LF приведены на рис. 6. От количества включенных светодиодов существенно зависит и эффективность (КПД) модулей. На рис. 7 приведены зависимости КПД от входного напряжения $U_{\text{вх}}$ модуля PLED-S-350LF при различном числе включенных светодиодов. Зависимость выходного тока модулей от управляющего напряжения $U_{\text{уп}}$ практически линейна при его изменении в пределах 0,25–1,25 В, соответствующая регулировочная характеристика модуля PLED-S-350LF приведена на рис. 8.

Регулировку яркости свечения светодиодов можно также осуществлять путем подачи на вход управления модулей ШИМ-импульсов с изменяемым коэффициентом заполнения (Duty Cycle, DPWM). При этом выходной ток драйверов

PLED-S-xxx-LF в амперах можно определить из выражения: $I_{\text{вых}} = 0,1 \times \text{DPWM}/X$. Числовой коэффициент X в знаменателе выражения для каждого типа модуля различен (значения этого коэффициента те же, что и в формулах для аналоговой регулировки яркости: PLED-S-300LF — $X = 0,327$; PLED-S-350LF — $X = 0,28$ и т.д.).

Схема управления яркостью светодиодов ШИМ-импульсами от микропроцессоров приведена на рис. 9. Резистор 10 кОм и диод в схеме нужны для подавления выбросов отрицательной полярности на входе управления, возникающих из-за емкости сток-исток (коллектор-эмиттер) полевого (или биполярного) транзистора на выходе микропроцессора. Любые выбросы отрицательной полярности будут вносить погрешности или нестабильность в выходной ток драйвера. Частоты следования ШИМ-импульсов не должны быть менее 100 Гц, при меньших частотах могут появляться заметные глазу мерцания яркости светодиодов.

Драйверы светодиодов, как и любой импульсный преобразователь, создают паразитные радиочастотные излучения. Для их устранения в цепях питания необходимо устанавливать помехоподавляющие фильтры. Для уменьшения уровня помех драйверов PEAK Electronics до уровня, соответствующего классу В стандарта EN55022, достаточно установить на входах

драйверов Г- или П-образные LC-фильтры с керамическими конденсаторами емкостью 0,1 мкФ и индуктивностями 68 мкГн (для модулей PLED-S-300/350-LF) и 27 мкГн для остальных модулей S-серии.

В качестве практического примера рассмотрим применение драйверов PLED-S-xxxLF совместно с некоторыми светодиодами Nichia Corporation. Эта известная японская компания выпускает широкую номенклатуру светодиодов различного назначения, в том числе сверхъярких белых. В большей части типов белых светодиодов фирмы используется по одному кристаллу, имеются также устройства, в которых последовательно соединены два, три и шесть кристаллов. К последним относятся приборы NS6W183R (холодный белый свет), NS6W183R-H3 (умеренный белый) и NS6L183R-H3 (теплый белый). Номинальный прямой ток приборов — 115 мА, номинальное прямое напряжение — 21 В. При этом создаваемый световой поток составляет 225 лм (195 лм для приборов с теплым белым светом), ширина диаграммы углового распределения силы света — 120°.

Для использования драйверов PEAK Electronics серии PLED-S-xxxLF совместно с указанными приборами Nichia подойдут, например, драйверы PLED-S-350LF (можно параллельно включить до трех приборов), PLED-S-700LF (до 6 параллельно включенных приборов). Для обеспечения одинаковой яркости при последовательно-параллельном соединении светодиодов обычно необходимо включение в последовательные цепочки гасящих резисторов, выравнивающих падения напряжения в каждой последовательной цепи. Однако упомянутые светодиоды Nichia в пределах пяти выпускаемых бинов (исполнений) имеют незначительный разброс прямых напряжений, например у исполнения Rank L прямое напряжение находится в пределах

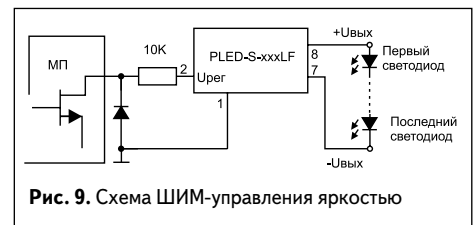
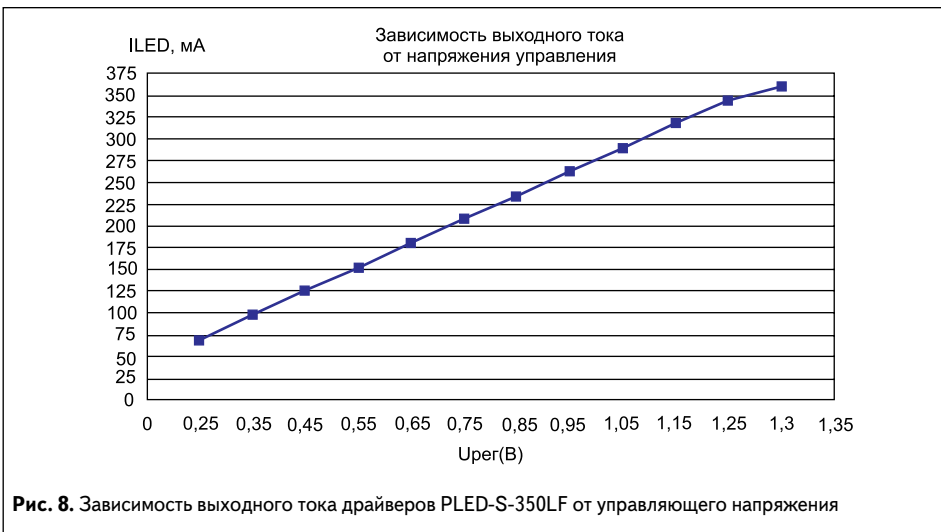
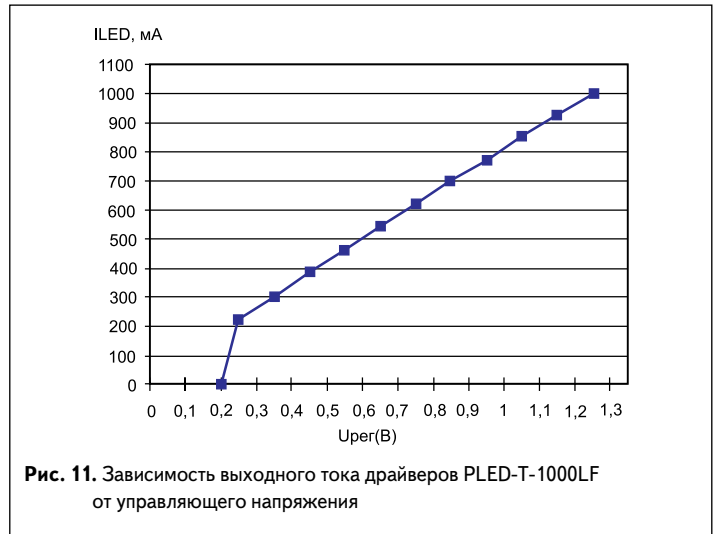
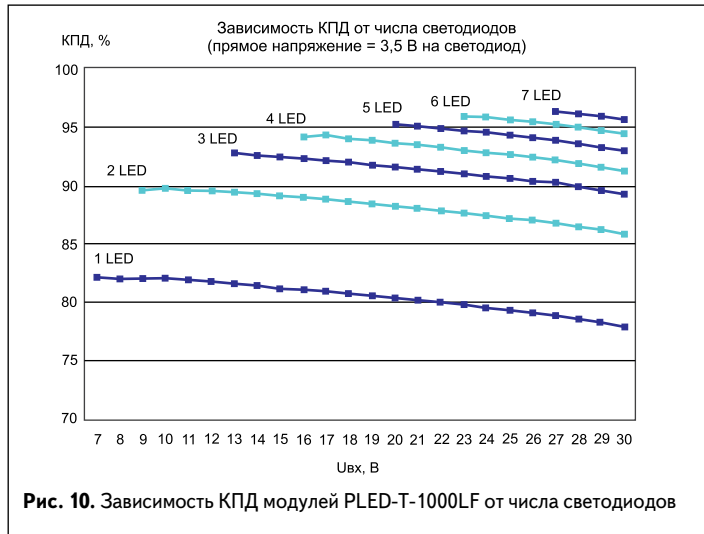


Таблица 4. Эмпирические выражения для определения значений тока и напряжения при различных схемах построения модулей

Модуль	Для выходного тока $I_{\text{вых}}$, А (при аналоговом управлении по схеме на рис. 2)	Для управляющего напряжения $U_{\text{рег}}$, В (при аналоговой регулировке по схеме на рис. 4)	Для выходного тока $I_{\text{вых}}$, А (при включении по схеме на рис. 5)	Для выходного тока, $I_{\text{вых}}$, А (при регулировке путем изменения коэффициента заполнения по схеме на рис. 9)
PLED-T-600	$0,08 \times U_{\text{рег}} / 0,165$	$R_2 \times U_{\text{пит}} / (R_1 + R_2)$	$(0,08 / 0,165) \times R_{\text{рег}} / (R_{\text{рег}} + 200\text{к})$	$0,1 \times \text{DPWM} / 0,165$
PLED-T-1000	$0,08 \times U_{\text{рег}} / 0,095$		$(0,08 / 0,095) \times R_{\text{рег}} / (R_{\text{рег}} + 200\text{к})$	$0,1 \times \text{DPWM} / 0,095$



20,5–21 В, что позволяет обойтись без гасящих резисторов. В соответствии с графиками, приведенными на рис. 7, расчетная эффективность схемы с тремя приборами Nichia и модулем PLED-S-350LF будет составлять 93%.

Применение модулей PLED-T-xxxLF

Драйверы PLED-T-xxxLF выполнены в корпусах DIP16. Назначение выводов модулей:

- 1, 2 — $-U_{\text{вх}}$;
- 3 — сигнал управления $U_{\text{рег}}$ (ШИМ/вкл/выкл/установка тока);
- 7, 8 — $-U_{\text{вых}}$;
- 9, 10 — $+U_{\text{вых}}$;
- 15, 16 — $+U_{\text{вх}}$.

Эмпирические выражения для тока и напряжения при различных схемах построения модулей PLED-T-600/1000LF приведены в таблице 4. Основные параметры модулей PLED-T-500/700LF незначительно отличаются от соответствующих параметров модулей PLED-S-500/700LF (для модулей PLED-T-500/700LF справедливы те же формулы, что и для модулей S-500/700LF).

Зависимость эффективности драйверов T-1000 от числа последовательно включенных светодиодов приведена на рис. 10, зависимость выходного тока от управляющего напряжения — на рис. 11. Как видно из характеристик, при 5–7 последовательно включенных светодиодах КПД драйверов превышает 95%. Индуктивность помехоподавляющего фильтра в цепи питания — 27 мкГн.

Применение модулей PLED-T-xxxKA

Драйверы PLED-T-xxxKA выполнены в корпусах DIP16 с проволочными выводами длиной 110 мм, используются проводники типа

UL1015/CSA TEM с рабочей температурой +105 °С, внешний вид модулей показан на рис. 12. Назначение выводов драйверов:

- 1 (черный) — $-U_{\text{вх}}$;
- 2 (белый) — сигнал управления (ШИМ/вкл/выкл/регулировка тока);
- 8 (синий) — $-U_{\text{вых}}$;
- 9 (желтый) — $+U_{\text{вых}}$;
- 16 (красный) — $+U_{\text{вх}}$.

Область безопасной работы драйверов при различных температурах окружающей среды показана на рис. 13 (такие же характеристики действительны и для приборов серии PLED-T-xxxLF). В связи с наличием достаточно длинных проводников, для уменьшения радиопомех от внутренней коммутации входное напряжение питания следует подавать через П-образный ФНЧ по схеме, приведенной на рис. 14. На рис. 15 показана схема включения драйвера с питанием от понижающего трансформатора, подключенного к сети переменного тока.

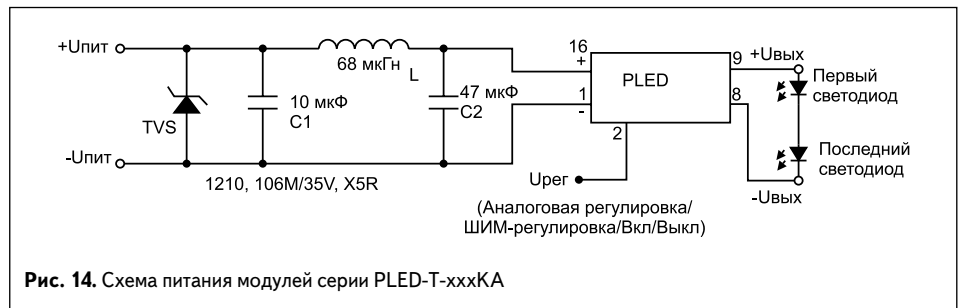
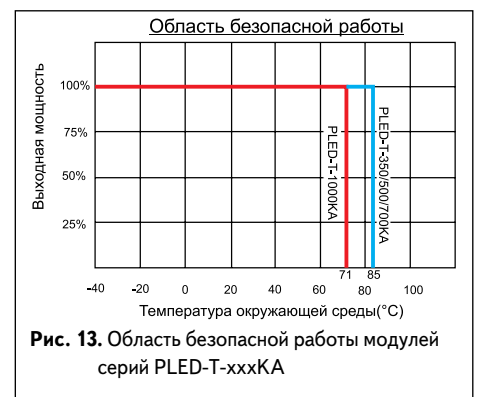


Параметры сигналов включения и выключения на входе $U_{\text{рег}}$ при ручной регулировке яркости такие же, как и соответствующие параметры драйверов серий PLED-S/PLED-T-xxxLF. Значение выходного тока модулей, включенных по схеме, приведенной на рис. 4, можно определить из выражения:

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{ном}} \times U_{\text{рег}} / 1,25,$$

где $I_{\text{ном}}$ — номинальное значение выходного тока конкретного модуля [mA],

$$U_{\text{рег}} = R_2 \times U_{\text{пит}} / (R_1 + R_2), [B].$$



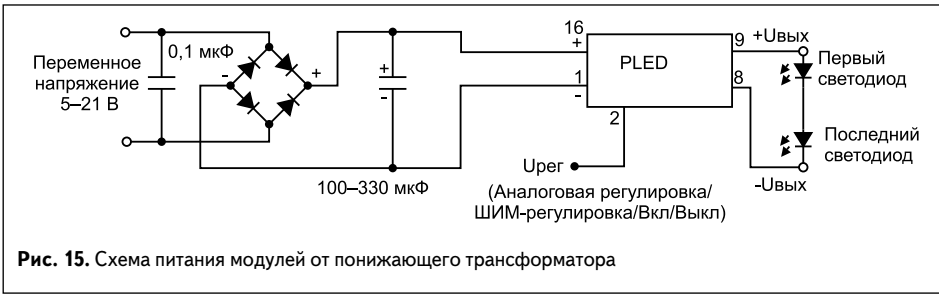


Рис. 15. Схема питания модулей от понижающего трансформатора

Значения выходного тока модулей, включенных по схеме, показанной на рис. 5, определяются эмпирическим выражением:

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{ном}} \times U_{\text{пер}} / (R_{\text{пер}} + 200\text{к}),$$

где $I_{\text{ном}}$ — номинальное значение выходного тока конкретных модулей [мА], $R_{\text{пер}}$ — сопротивление регулировочного резистора [кОм].

При изменении сопротивления резистора $R_{\text{пер}}$ от 70 кОм до 2 МОм выходной ток изменяется в пределах 25–90% от номинального значения выходного тока конкретного модуля. Дальнейшее уменьшение сопротивления $R_{\text{пер}}$ не приводит к последующему линейному снижению тока.

При регулировке яркости свечения светодиодов путем изменения коэффициента за-

полнения ШИМ-импульсов выходной ток модулей определяется из выражения:

$$I_{\text{вых}} = I_{\text{ном}} \times \text{DPWM}, [\text{мА}],$$

где коэффициент заполнения $\text{DPWM} = t_{\text{имп}} / T_{\text{слет}}$.

При частотах следования ШИМ-импульсов менее 500 Гц коэффициент заполнения DPWM может находиться в пределах от нуля до единицы, при частотах следования более 10 кГц — в пределах 0,16–1 (рекомендуется ограничивать частоту следования ШИМ-импульсов значением 1 кГц).

Габаритные чертежи корпусов рассмотренных драйверов светодиодов приведены на сайте журнала http://led-e.ru/case_draws_2.zip. ●

Литература

1. <http://www.peak-electronics.de/>
2. http://www.peak-electronics.de/english/index_engl.html