

Применение микросхем компании «Ангстрем»

в светодиодном освещении

ОАО «Ангстрем» — расположенный в Зеленограде флагман российской микроэлектроники, ведущий разработчик и один из крупнейших производителей интегральных микросхем в России, странах СНГ и Восточной Европы. Компания предлагает на основе своих изделий решения для светодиодных драйверов: мощные для уличного освещения, маломощные для освещения офисов, автомобильные для фар, фонарей и т. п., драйверы для трубок и осветительных ламп с различными цоколями. В статье приведен обзор практического применения изделий компании.

Микросхема AnR8

Микросхема AnR8 — регулируемый линейный стабилизатор высокого напряжения и низкого выходного тока [1]. Находит применение в источниках питания, автономных схемах запуска импульсных источников питания SMPS (Switch Mode Power Supplies), зарядных устройствах батарей и аккумуляторов, источниках постоянного тока, промышленных схемах управления двигателями и т. п.

Стабилизатор имеет широкий диапазон входного напряжения (15–450 В), а выходное напряжение может регулироваться от 1,2 до 440 В при условии, что входное напряжение по крайней мере на 10 В больше выходного.

На рис. 1 приведены типовые схемы включения микросхемы AnR8 в стабилизаторе напряжения 5 В (рис. 1а), в цепях запуска SMPS (рис. 1б) и в регулируемом источнике постоянного тока (рис. 1в).

На схеме, показанной на рис. 1а, выходное напряжение может регулироваться изменением соотношения двух внешних резисторов R1 и R2, подключенных к выводам 2 и 3 микросхемы. Микросхема регулирует разность выходного напряжения V_{OUT} и напряжения на регулировочном выводе ADJ до номинального значения 1,2 В. Внутренний постоянный ток смещения регулировочного вывода I_{ADJ} обычно равен 10 мкА. Выходное напряжение, таким образом, определяется соотношением:

$$V_{OUT} = 1,2 (1 + R_2/R_1) + I_{ADJ}R_2.$$

Микросхема имеет ограничения на применение по току и по температуре. Предельное значение выходного тока обычно составляет 15 мА, а минимальный предел температуры — +125 °С. Выходной ток короткого замыкания будет, следовательно, ограничен до 15 мА. Когда температура перехода достигает своего предела, выходной ток и/или выходное напряжение уменьшаются, чтобы удержать температуру перехода от превышения этого предельного значения.

Показанный на рис. 1а пунктиром диод VD требуется тогда, когда значение входного напряжения V_{IN} меньше выходного V_{OUT} .

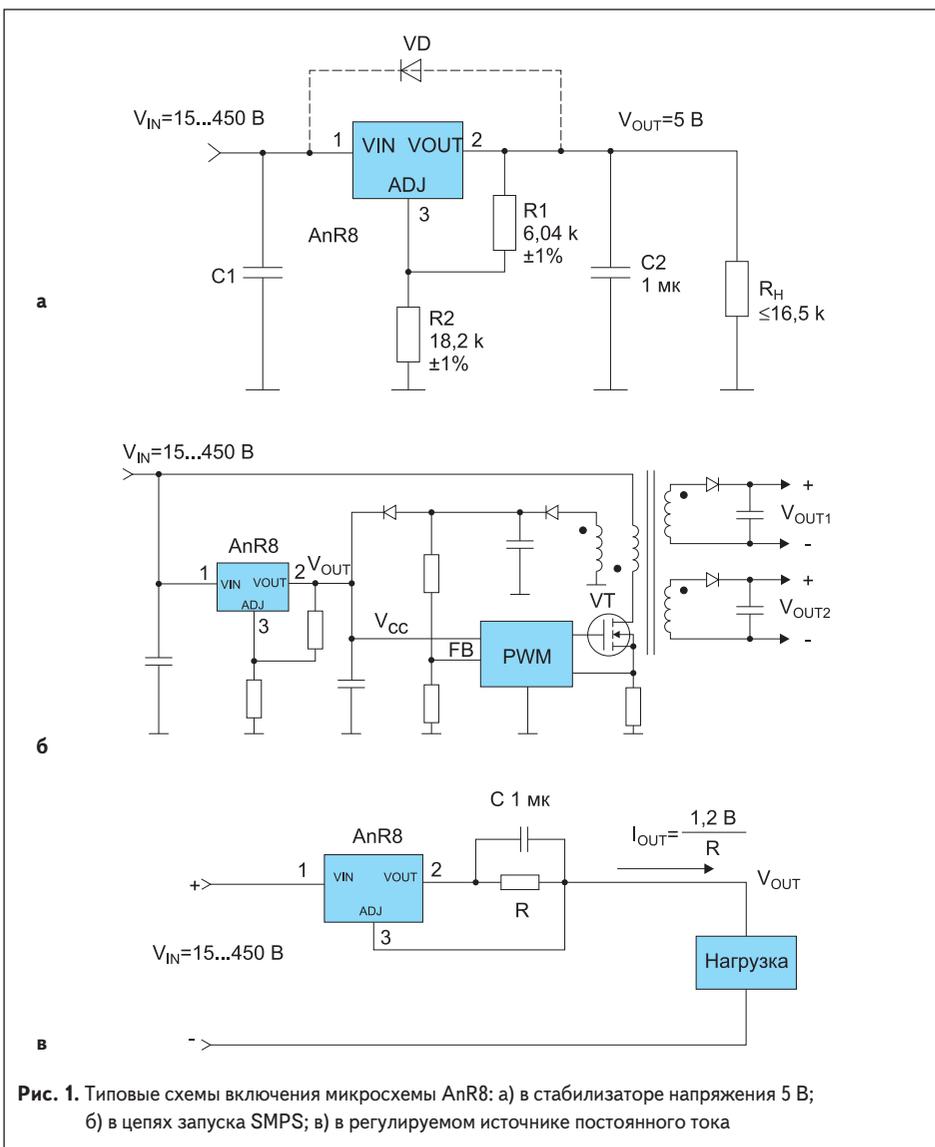


Рис. 1. Типовые схемы включения микросхемы AnR8: а) в стабилизаторе напряжения 5 В; б) в цепях запуска SMPS; в) в регулируемом источнике постоянного тока

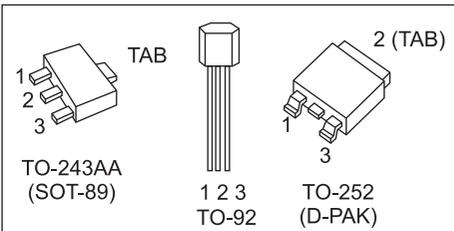


Рис. 2. Расположение выводов на корпусах:
1 — вход; 2 — выход;
3 — регулировочный вывод; TAB — дополнительный вывод (соединен с общим проводом либо с выходом)

В приведенной на рис. 16 схеме запуска SMPS микросхема AnR8 выключается, когда внешнее напряжение оказывается большим, чем выходное. Для сохранения стабильности требуется, чтобы шунтирующий конденсатор, подключенный к выходу микросхемы, имел емкость не менее 1 мкФ, а минимальный постоянный выходной ток был 500 мкА.

Микросхема AnR8 выпускается в корпусах TO-243AA (SOT-89), TO-92 и TO-252 (D-PAK), расположение выводов показано на рис. 2.

Микросхема An9910

Микросхема An9910 — высокоэффективный ШИМ-контроллер, предназначенный для управления работой светодиодов высокой яркости от источника постоянного напряжения 8–450 В [2]. Микросхема управляет внешним мощным силовым ключевым MOSFET на фиксированной частоте переключения или в режиме $T_{off} = const$, достигающей 300 кГц, причем эту частоту можно запрограммировать одним-единственным резистором. Микросхема требует для подключения немного внешних компонентов, что позволяет конструировать драйверы низкой стоимости.

Контроллер может находить применение также в DC/DC- и AC/DC-преобразователях, устройствах задней подсветки дисплеев и декоративной подсветки вывесок, в осветительных устройствах автомобилей и в зарядных устройствах.

Нагрузкой контроллера служит светодиодная цепочка (может достигать сотен светодиодов), управляемая постоянным током, что обеспечивает постоянную светоотдачу и высокую надежность. Выходной ток можно запрограммировать в интервале от нескольких миллиампер до 1 А.

Микросхема An9910B

Микросхема An9910B [3] является разновидностью An9910 и отличается тем, что на ее выходе постоянно присутствует изменяющийся сигнал, в то время как у An9910 возможны промежуточные статические состояния 0 или 1. Она подходит для использования в драйверах светодиодов задней подсветки ЖК-телевизоров и мониторов.

Микросхема включает в себя линейный стабилизатор, который дает возможность работы

при широком диапазоне входного напряжения (8–450 В) без необходимости дополнительного использования внешнего низковольтного источника напряжения, обеспечивает функции «мягкого» старта, выключения и линейного ШИМ-диммирования внешним сигналом управления с коэффициентом скважности 0–100% в широком диапазоне частот до нескольких кГц.

Так как микросхема работает в режиме управления открытой токовой петли, контроллер достигает хорошего регулирования выходного тока без необходимости какой-либо ее компенсации. Реакция ШИМ-диммирования ограничена только скоростью нарастания и спада индукционного тока, допускающего их очень быстрые изменения.

Типовая схема включения микросхемы An9910B приведена на рис. 3, а расположение ее выводов в корпусах SO-8, DIP-8 и SO-16 (16-SOIC) — на рис. 4.

Микросхема An9911

Микросхема An9911 [4] предназначена для использования в энергосберегающих автомобильных и железнодорожных светильниках, устройствах задней подсветки ЖК-телевизоров

и мониторов, других DC/DC-драйверах светодиодов, где требуется высокая стабильность тока.

Она характеризуется рядом особенностей:

- обеспечивает работу преобразователя в четырех топологиях: повышающей (Boost), понижающей (Buck), повышающе-понижающей (Boost-Buck) и SEPIC (Single-Ended Primary Inductance Converter — преобразователь с несимметрично нагруженной первичной индуктивностью);
- имеет встроенные линейный стабилизатор напряжения и источник опорного напряжения, обеспечивающий точность 2% в диапазоне температур от 0 до +85 °С;
- может работать с постоянной частотой преобразования или с фиксированным постоянным временем выключения ключа (Off Time);
- обеспечивает функции «мягкого» старта, выключения и ШИМ-диммирования в широком диапазоне;
- работает с чувствительным датчиком тока в силовой цепи;
- имеет возможность синхронизации нескольких микросхем друг с другом в режиме работы с постоянной частотой с использованием вывода SYNC;

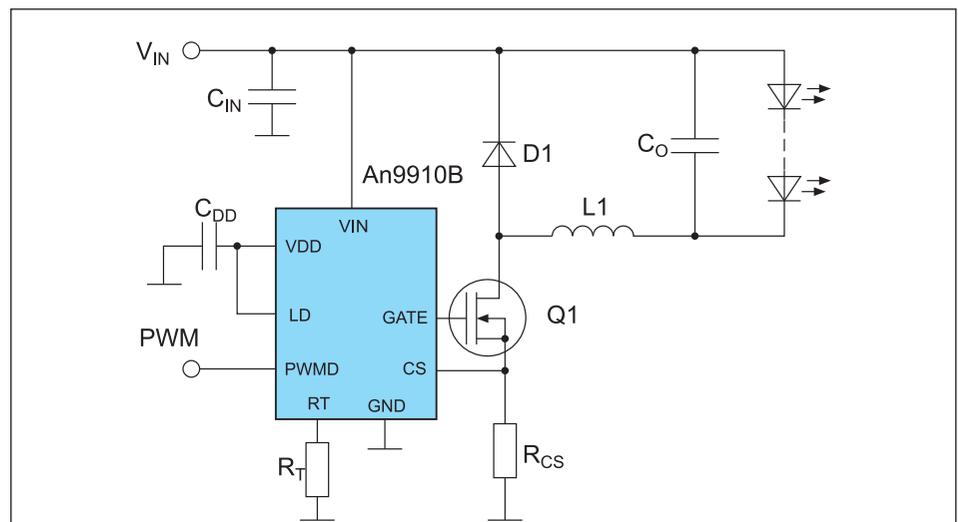


Рис. 3. Типовая схема включения микросхемы An9910B

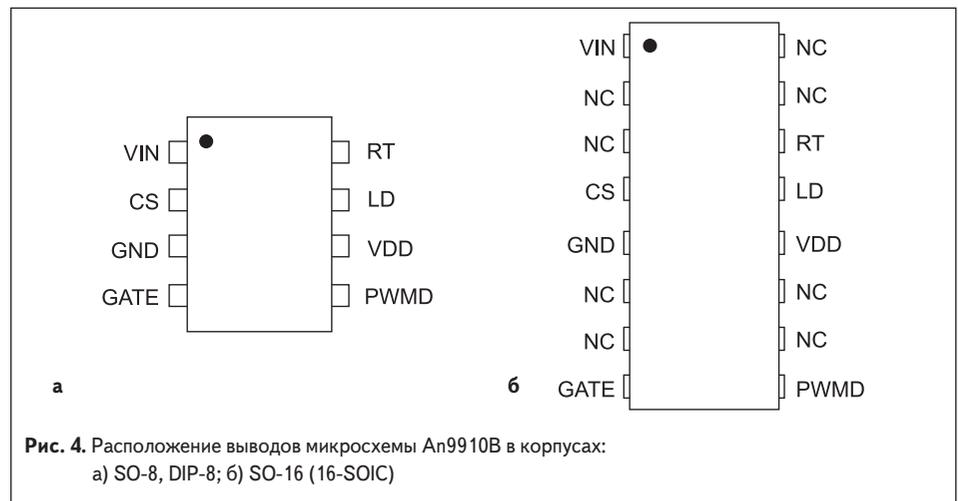


Рис. 4. Расположение выводов микросхемы An9910B в корпусах:
а) SO-8, DIP-8; б) SO-16 (16-SOIC)

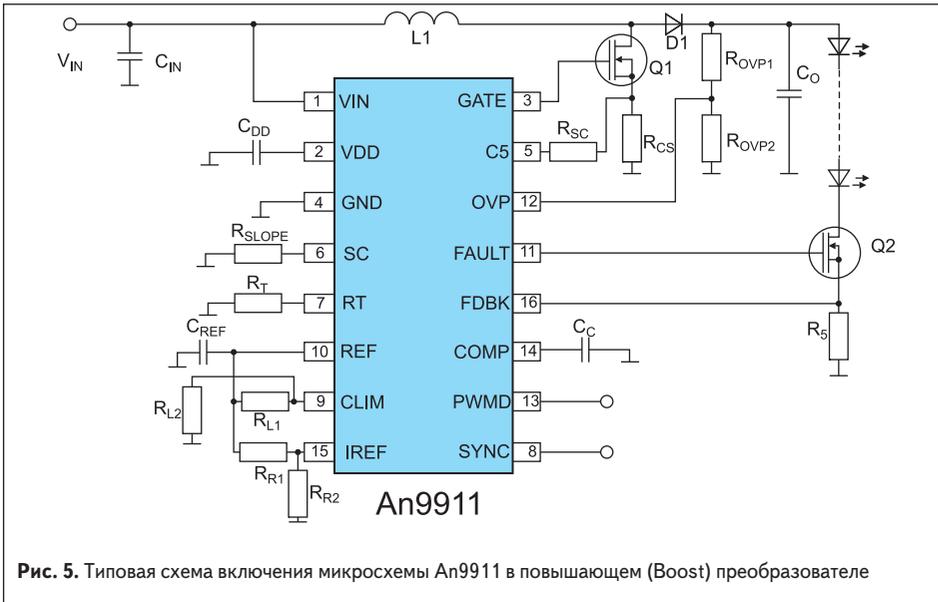


Рис. 5. Типовая схема включения микросхемы An9911 в повышающем (Boost) преобразователе

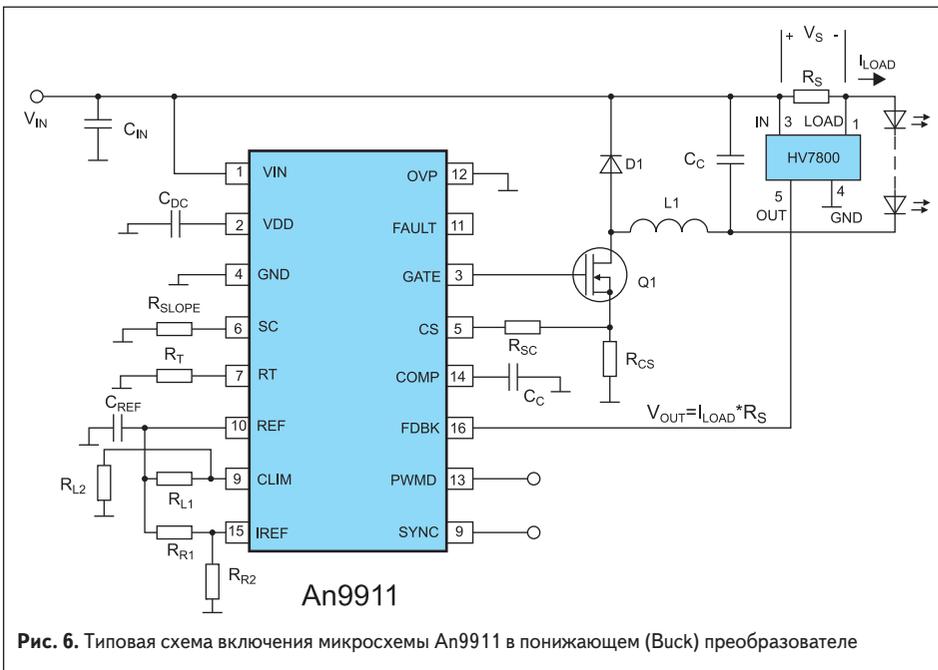


Рис. 6. Типовая схема включения микросхемы An9911 в понижающем (Buck) преобразователе

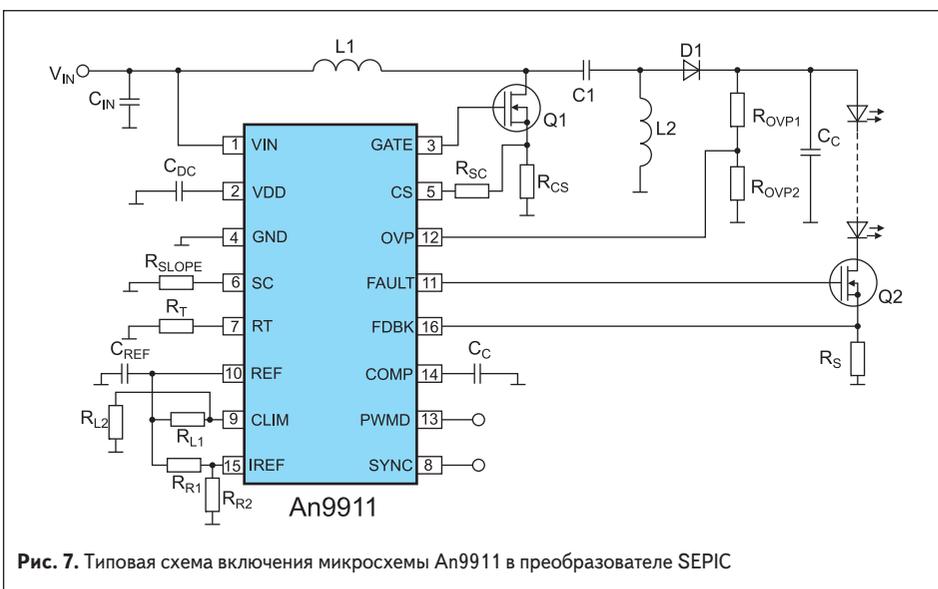


Рис. 7. Типовая схема включения микросхемы An9911 в преобразователе SEPIC

- обеспечивает регулирование выходного тока по замкнутому циклу (закрытая петля) и программируемую компенсацию наклонной пилообразной характеристики;
- обеспечивает защиту от коротких замыканий на выходе и перенапряжений (скачков напряжения), а также имеет встроенный программируемый ограничитель тока внешнего силового ключа MOSFET, который обеспечивает защиту выхода от провалов напряжения и перегрузок.

Контроллер использует методику управления пиковым током с программируемой компенсационной обратной связью, что обеспечивает очень высокую точность стабилизации выходного тока и малое время реакции для больших токов питания светодиодов.

Микросхема обеспечивает выходной ток управления затвором MOSFET 0,2–0,4 А и имеет ШИМ-димминовый вход, на который можно подавать сигнал внешнего управления частотой до нескольких кГц и скважностью от 0 до 100%.

Микросхема имеет выход команды неисправности $\overline{\text{FAULT}}$, который используется для отключения светодиодов с помощью внешнего дополнительного полевого транзистора при какой-либо нештатной ситуации.

КПД драйверов, построенных на микросхеме An9911 с применением повышающей и понижающей топологий, может достигать 90% и более.

На рис. 5–7 показаны типовые схемы включения микросхемы An9911 в повышающей, понижающей и SEPIC-топологиях построения преобразователя соответственно.

В понижающем преобразователе часто используется дополнительная микросхема токового контроллера (на рис. 6, например, показано включение микросхемы HV7800 фирмы Supertex Inc.). Контроллер с помощью резистора R_S опознает напряжение внешнего питающего источника, расположенного на высоковольтной стороне, и переводит его в опорное напряжение на нагрузочной стороне (ток нагрузки I_{LOAD}).

В топологии SEPIC используются две катушки индуктивности, что приводит к увеличению габаритов устройства. Эти катушки зачастую могут быть больше по размеру, чем используемые в схеме полупроводниковые компоненты.

Встроенный линейный стабилизатор может работать в широком диапазоне входных напряжений (9–250 В) на выводе VIN, обеспечивая питание микросхемы, что исключает потребность в каких-либо дополнительных источниках питания. Стабилизатор обеспечивает внутреннее регулируемое напряжение 7,75 В на выводе VDD, если входное напряжение находится в указанных пределах. Это напряжение используется для питания микросхемы, а также внешних цепей, присоединенных к выводам VDD и REF. Типовой ток стабилизации 350 мА. Диапазон напряжения стабилизатора может быть увеличен до 450 В при условии подключения соответствующего внешнего стабилизатора.

Выходной конденсатор преобразователя во многом определяет ШИМ-диммирование, так как он заряжается и разряжается всякий раз, когда PWM-сигнал повышается и снижается. В случае понижающего преобразователя, так как протекающий через светодиоды ток индукции постоянный, емкость этого конденсатора невелика. Это минимизирует влияние конденсатора на ШИМ-диммирование. Однако в случае повышающего преобразователя ток на выходе не постоянен, и с целью уменьшения пульсаций на светодиодах требуется конденсатор очень большой емкости, который оказывает значительное влияние на ШИМ-диммирование. В периоды выключения PWM-сигнала выходной конденсатор гарантированно держит заряд и, таким образом, ШИМ-диммирование повышающего преобразователя резко улучшается. Обрыв или отключение конденсатора может вызвать значительный бросок напряжения.

При конструировании следует принять меры, чтобы проводник между выводом PWM микроисхемы и входом PWM-сигнала в устройстве был по возможности короче. Рекомендуется также с целью исключения любого «звона» включить в эту цепь резистор сопротивлением 1 кОм и расположить его как можно ближе к микроисхеме.

Чтобы предотвратить ложные запуски и отключения внутреннего компаратора (из-за шумов и выбросов в питающем напряжении и общем проводе и др.), рекомендуется в схемах повышающего и SEPIC-преобразователей между выводом OVP и общим проводом подключить конденсатор емкостью 1–10 нФ. Хотя он и будет несколько замедлять работу схемы защиты от бросков напряжения, это не должно повлиять на общую производительность преобразователей, так как большая выходная емкость ограничивает скорость нарастания выходного напряжения.

Расположение выводов микроисхемы An9911 в корпусе 16-SOIC показано на рис. 8.

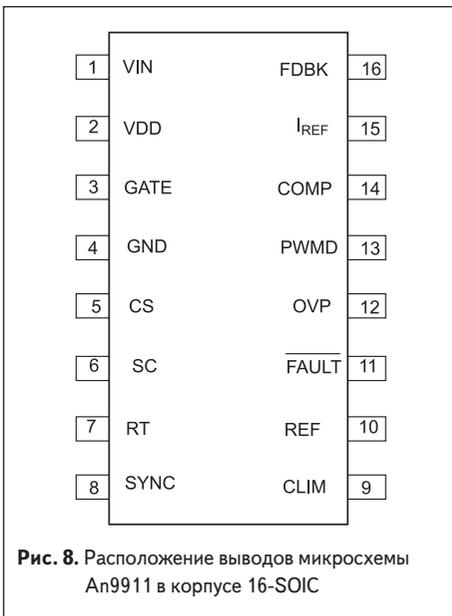


Рис. 8. Расположение выводов микроисхемы An9911 в корпусе 16-SOIC

Микроисхемы An9920/9921/9922/9923

Микроисхемы An9920/9921/9922/9923 — недорогие, компактные высокоэффективные ШИМ-контроллеры управления весьма длинными цепочками последовательно соединенных светодиодов [5]. Они могут питаться от источников переменного напряжения в диапазоне 85–264 В и постоянного напряжения в диапазоне 20–400 В и находят широкое применение в производстве устройств декоративной подсветки, энергосберегающих ламп и светильников. Благодаря тому, что светодиоды питаются постоянным током, обеспечиваются необходимый световой поток и повышенная надежность светильников.

Контроллеры предназначены для понижающей (Buck) топологии построения преобразователей, причем микроисхема An9920 разработана со способом стабилизации путем контроля среднего тока в нагрузке, остальные — пикового. Все они содержат переключающий MOSFET, который управляется триггером с фиксированным временем выключения (Off Time), приблизительно равным 10,5 мкс.

Микроисхемы имеют различные значения выходного тока: у An9920 он составляет 100 мА, у An9921 — 20 мА, у An9922 — 50 мА, у An9923 — 30 мА. Выходное напряжение микроисхемы An9920 составляет 7,8 В, остальных — 7,5 В. Микроисхемы отличаются и некоторыми другими параметрами, например током внутреннего линейного стабилизатора, сопротивлением MOSFET во включенном состоянии, током насыщения MOSFET, диапазоном пороговых значений компаратора опознавания тока и др.

Типовая схема включения микроисхем An9920/9921/9922/9923 показана на рис. 9.

Микроисхемы могут быть выполнены в одном из вариантов трехвыводного корпуса: TO-92 (рис. 10а) или SOT-89 (TO-243AA) (рис. 10б).

Как и во всех автономных преобразователях, выбор входного фильтра имеет решающее значение для подавления электромагнитных помех (Electromagnetic Interference, EMI). Рекомендуемый входной фильтр, включающий два конденсатора и дроссель, показан на схеме включения микроисхем An9920/9921/9922/9923 (рис. 11).

Внимание! Любые работы с преобразователями и вообще со всеми устройствами,

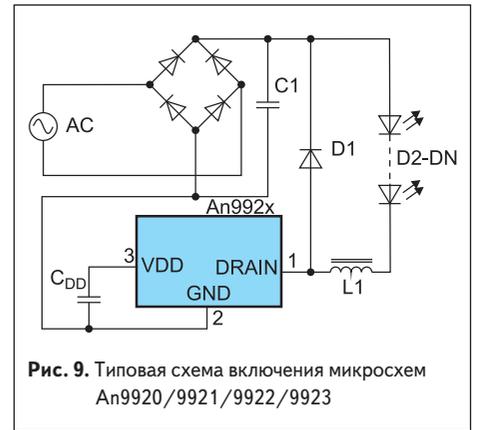


Рис. 9. Типовая схема включения микроисхем An9920/9921/9922/9923

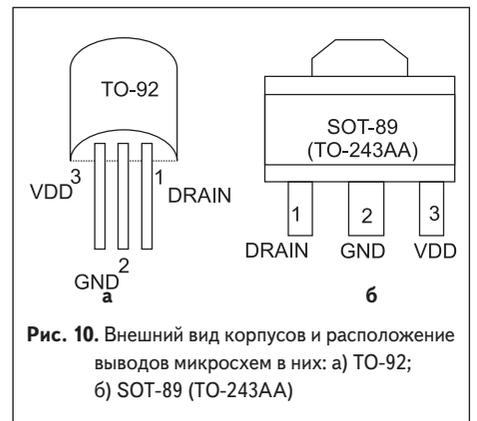


Рис. 10. Внешний вид корпусов и расположение выводов микроисхем в них: а) TO-92; б) SOT-89 (TO-243AA)

имеющими непосредственную гальваническую связь с питающей сетью, следует проводить с абсолютным соблюдением правил техники безопасности при работе с электроустановками. Любые изменения схем должны производиться при отключенном питании. Не надо забывать также, что электролитические конденсаторы большой емкости сохраняют заряд в течение длительного времени после отключения питания.

При конструировании преобразователя следует придерживаться следующих рекомендаций. Шунтирующий конденсатор C_{DD} , подключенный к выводу VDD микроисхемы, должен быть соединен с этим выводом и выводом GND как можно более короткими печатными проводниками.

Входной конденсатор C_{IN} , диод D1 и непосредственно микроисхема U1 должны быть скомпонованы по возможности ближе друг к другу.

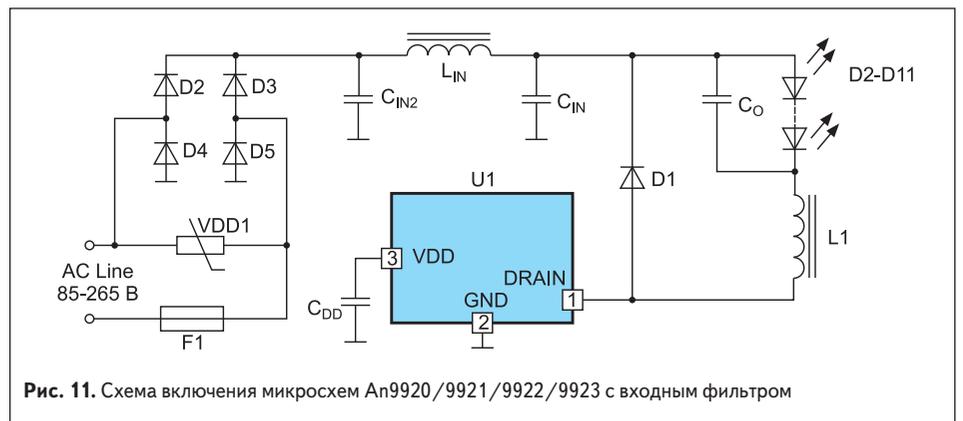


Рис. 11. Схема включения микроисхем An9920/9921/9922/9923 с входным фильтром

То же касается и совместной компоновки выходного конденсатора C_O , катушки индуктивности $L1$ и диода $D1$.

Область печатных проводников, соединенная с выводом GND микросхемы, выполняет, помимо функции общего провода, еще и функции радиатора. Поэтому для лучшего теплоотвода она должна быть максимизирована (т. е. более развита), особенно это важно в случае использования микросхем в корпусе SOT-89 (TO-243AA). То же относится к печатному проводнику, к которому подсоединен катод диода $D1$. В то же время с целью уменьшения высокочастотного излучения, создающего ЕМИ, печатный проводник, соединенный с анодом диода, выводом DRAIN микросхемы и катушкой индуктивности, должен иметь минимальную площадь.

Входные цепи не должны быть расположены в непосредственной близости от катушки индуктивности $L1$, чтобы избежать магнитной связи полей двух катушек. Это особенно важно, когда используется незащищенная конструкция катушки. С этой же целью при конструировании катушка входного фильтра L_{IN} должна быть расположена ортогонально по отношению к катушке $L1$. Область, где расположены входные конденсаторы C_{IN2} , C_{IN} и катушка L_{IN} , должна быть минимизирована, а входные провода AC Line должны быть скручены вместе.

Рассмотрим теперь линейку светодиодных драйверов, выполненных на базе микросхемы An9920A в виде демонстрационных плат AN9920ADB2/3/4 [6]. Платы (рис. 12) предназначены для оценки и тестирования светодиодных светильников.

К гнездам X1 и X2 подводится входное переменное напряжение 170–265 В, а к гнездам X3 и X4 подключается нагрузка в виде цепочки последовательно соединенных светодиодов. В таблице 1 приведены некоторые параметры трех упомянутых демонстрационных плат, а в таблице 2 — номинальные значения элементов, не показанные на схеме рис. 12.

Микросхема An9931

Микросхема An9931 [7] предназначена для использования в энергосберегающих светодиодных светильниках, светофорах и устройствах уличного и декоративного освещения. Она применяется как в повышающем, так и в понижающем однокаскадном преобразователе с объединенной функцией корректора коэффициента мощности (ККМ) и стабилизатора тока, что позволяет удешевить конструкцию чуть ли не вдвое по сравнению с классическими схемами с разделенными функциями.

Микросхема характеризуется следующими особенностями:

- наличием встроенного регулятора собственного питания;
- низким уровнем излучения гармоник в питающую сеть;
- наличием автоматического контроля входного и выходного токов;
- поддержкой линейного, ШИМ- и фазового диммирования;

Таблица 1. Параметры демонстрационных плат AN9920ADB2/3/4

Параметр	AN9920ADB2	AN9920ADB3	AN9920ADB4
Количество светодиодов в цепочке	14	25	42
Выходное напряжение, В	35–50	50–90	90–150
Выходной ток, мА	100		
Частота переключения, кГц	Около 80		

Таблица 2. Номинальные значения элементов демонстрационных плат AN9920ADB2/3/4

Номинальные значения элементов	AN9920ADB2	AN9920ADB3	AN9920ADB4
Емкость конденсатора $C1$, мкФ	2,2	4,7	10
Индуктивность катушки $L1$, мГн	4,7	10	15

- отсутствием фильтрующих электролитических конденсаторов большой емкости, что повышает надежность изделия;
- наличием фиксированной частоты переключения.

Микросхема обеспечивает почти близкий к единице ККМ и очень большой коэффициент понижения напряжения, что позволяет управлять с ее помощью даже единственным высокоярким светодиодом от входного переменного напряжения 85–265 В без использования понижающего трансформатора.

В An9931 для регулировки входного и выходного токов используется управление пиковым током незамкнутой петли, что исключает необходимость цепей компенсации, ограни-

чивает пусковой ток и обеспечивает защиту в случае чрезмерного понижения входного напряжения.

An9931 имеет низкочастотный ШИМ-димминговый вход, на который можно подавать сигнал внешнего управления с частотой, достигающей нескольких килогерц. Использование же фазового диммирования позволяет создавать оригинальные решения настенных регуляторов яркости.

Типовая схема включения микросхемы An9931 показана на рис. 13.

Микросхема может питаться входным постоянным напряжением V_{IN} 8–450 В, при этом независимо от его величины на выходе встроенного стабилизатора формируется напря-

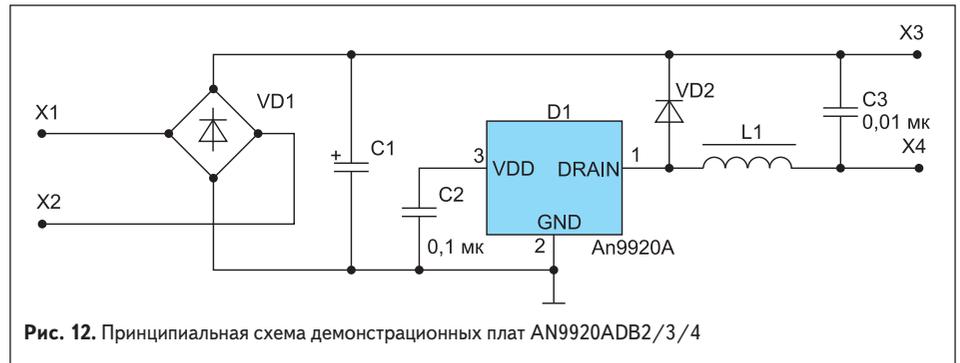


Рис. 12. Принципиальная схема демонстрационных плат AN9920ADB2/3/4

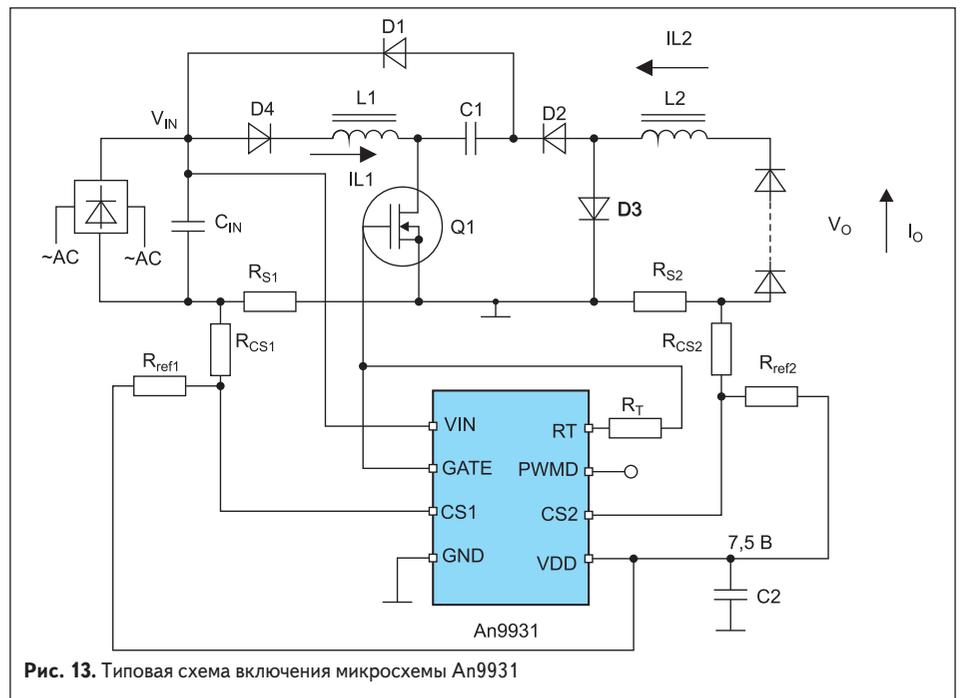


Рис. 13. Типовая схема включения микросхемы An9931

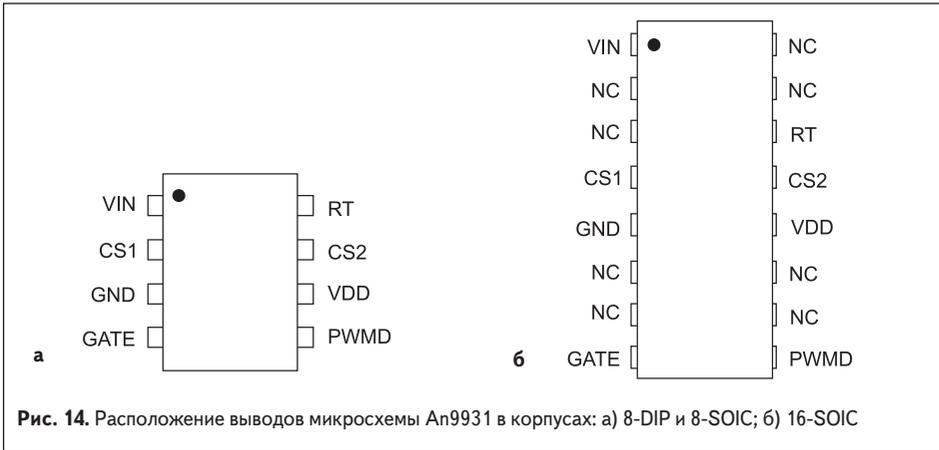


Рис. 14. Расположение выводов микросхемы An9931 в корпусах: а) 8-DIP и 8-SOIC; б) 16-SOIC

жение $V_{DD} = 7,5 \text{ В}$, питающее внутренние узлы микросхемы и через вывод VDD резистивные делители внутренних компараторов R_{ref1} , R_{cs1} , R_{s1} и R_{ref2} , R_{cs2} , R_{s2} . Стабилизатор оснащен схемой защиты от понижения напряжения, которая отключает микросхему, когда напряжение на выводе VDD упадет ниже 6,2 В. Этот вывод зашунтирован на общий провод развязывающим конденсатором C2 с низким эквивалентным последовательным сопротивлением (ESR) емкостью не менее 0,1 мкФ.

An9931 можно эксплуатировать также путем подачи на вывод VDD внешнего питающего напряжения, несколько большего, чем внутреннее стабилизируемое напряжение. Это приведет к отключению внутреннего стабилизатора, а устройство будет черпать энергию от внешнего источника питания.

Для обеспечения ШИМ-диммирования используется управляющий вывод PWM микросхемы, на который подаются прямоугольные

импульсы напряжения. Когда на этот вывод подается напряжение высокого уровня, на выводе GATE микросхемы формируется сигнал, включающий мощный полевой MOSFET Q1. Когда вывод замкнут на корпус (на него подано напряжение низкого уровня), MOSFET выключен. Микросхема разработана таким образом, что сигнал, подаваемый на вывод PWM, воздействует только на указанный транзистор, и микросхеме не приходится каждый раз проходить полный цикл запуска. Это обеспечивает быстрое время ее отклика на входной сигнал.

Как уже было сказано, используемая топология не требует наличия фильтрующего конденсатора большой емкости на выходе, так как выходной ток противодействующего каскада постоянный, и линейное фильтрование переменного тока производится конденсатором C1. Выключение микросхемы через ее выводы PWM или VIN может прервать выходной ток через светодиоды.

В микросхеме предусмотрена возможность обеспечения и фазового диммирования, т. е. регулирования мощности посредством уменьшения времени протекания электрического тока через нагрузку, при котором «отрезаются» передние «кусочки» синусоиды. Чем они больше, тем меньше электричества достается нагрузке.

An9931 может работать с программируемой постоянной частотой или с постоянным временем отключения. Во многих случаях предпочтительнее второй режим, так как при нем улучшаются условия регулирования, уменьшаются скачки напряжения и проще достигается соответствие нормативным требованиям к EMI.

Расположение выводов микросхемы An9931 в корпусах 8-DIP и 8-SOIC показано на рис. 14а, а в корпусе 16-SOIC — на рис. 14б.

На базе микросхемы An9931 построены светодиодные драйверы в виде демонстрационных плат AN9931DB2 [8] и AN9931DB8 (трех версий) [9], которые предназначены для таких приложений светодиодного освещения низкой и средней мощности, где гальваническая развязка нагрузочной цепи светодиодов не является обязательным требованием. Параметры демонстрационных плат AN9931DB2/8 приведены в таблице 3.

Драйверы построены по двухступенчатой топологии с использованием управляющей микросхемы и MOSFET, обеспечивают регулирование постоянного тока и близкий к 100% коэффициент мощности. Все они обеспечивают плавный пуск выходного тока и защиту от перенапряжения, короткого замыкания и разомкнутой нагрузочной цепи.

На рис. 15 приведена принципиальная схема демонстрационных плат AN9931DB2/8, а в таблице 4 — номинальные значения некоторых элементов, не показанные на схеме.

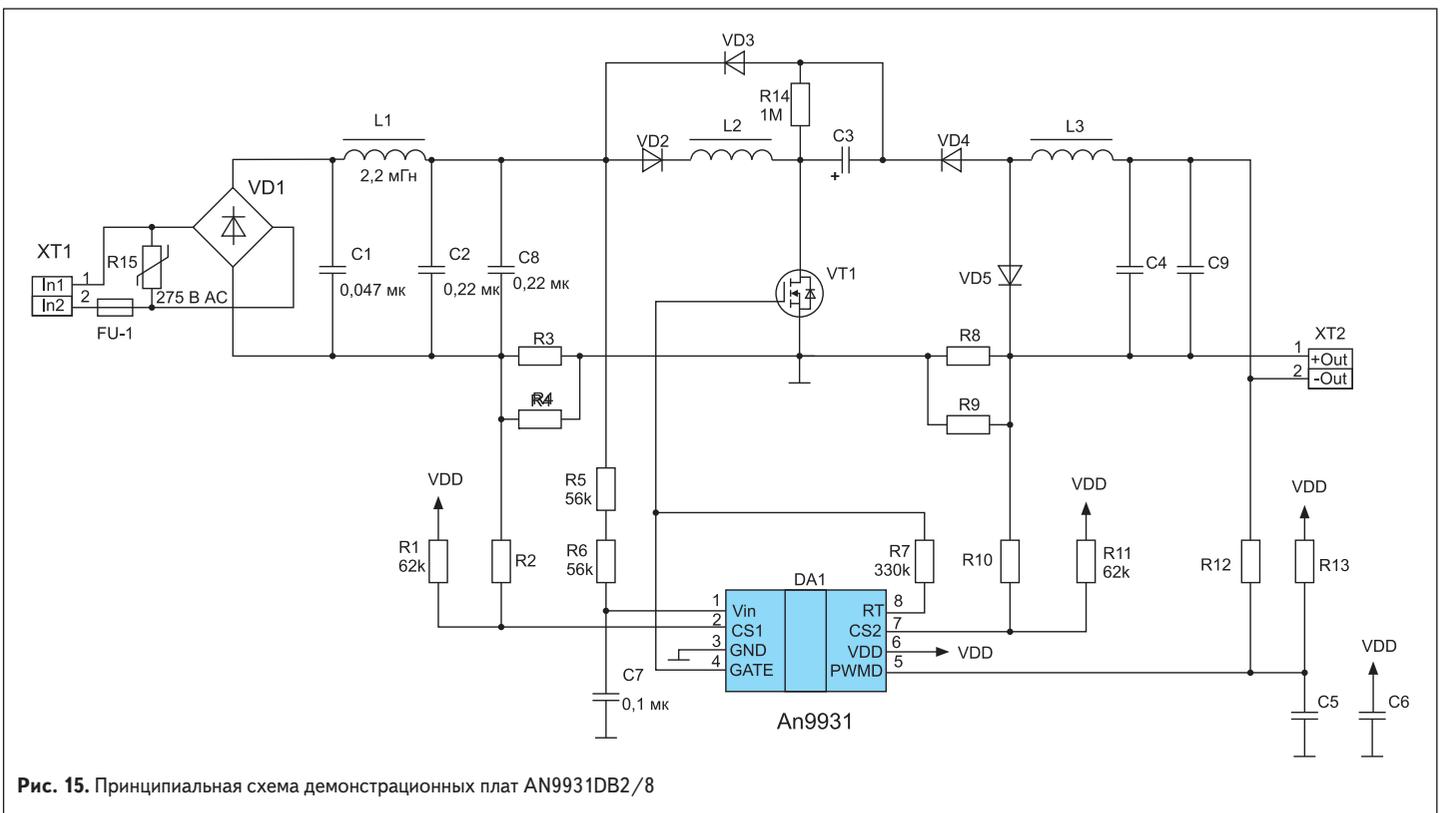


Рис. 15. Принципиальная схема демонстрационных плат AN9931DB2/8

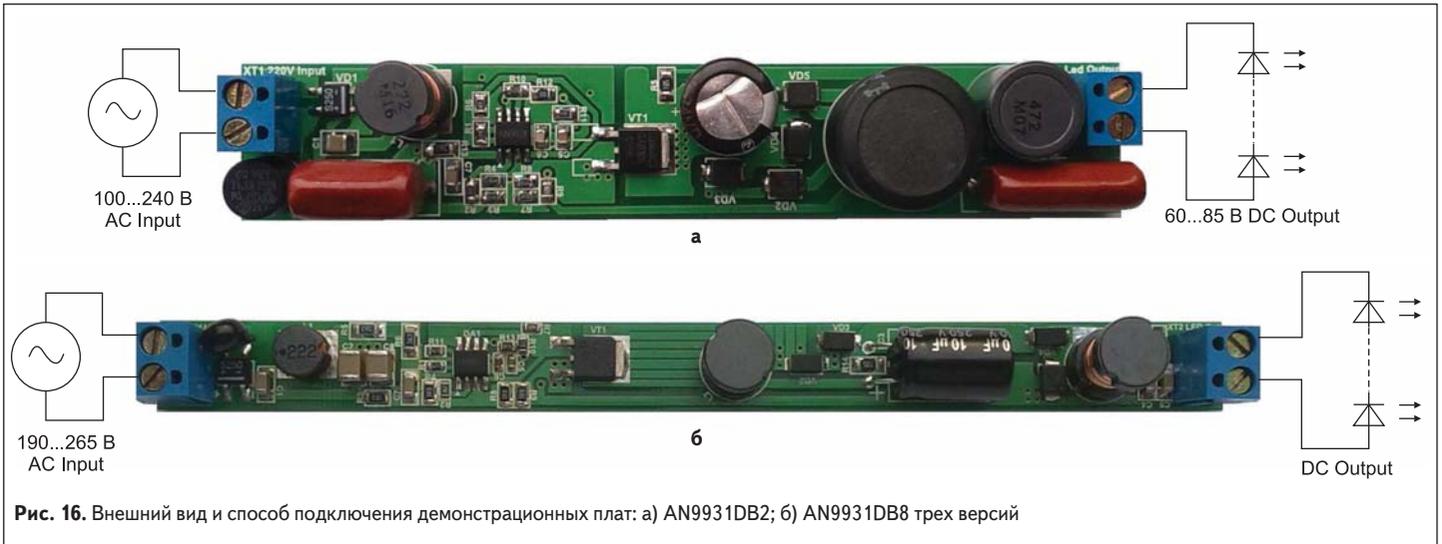


Рис. 16. Внешний вид и способ подключения демонстрационных плат: а) AN9931DB2; б) AN9931DB8 трех версий

Таблица 3. Параметры демонстрационных плат AN9931DB2/8

Параметр	AN9931DB2	AN9931DB8, версия 1	AN9931DB8, версия 2	AN9931DB8, версия 3
Входное переменное напряжение, В	100–240	190–265		
Выходное напряжение, В	60–85	30–48	60–80	65–75
Выходной ток, мА	310	350	105	210
Выходная мощность, Вт	25	15	8	15
Эффективность, %	85	81	83	82
Выходное напряжение, при котором срабатывает защита, В	90	55	90	90
Частота переключения, кГц	70	60		
Габариты (Д×В×Ш), мм	127×22×27	156×13×16		

Таблица 4. Номинальные значения элементов демонстрационных плат AN9931DB2/8

Номинальные значения элементов	AN9931DB2	AN9931DB8, версия 1	AN9931DB8, версия 2	AN9931DB8, версия 3
Индуктивность катушки L2, мГн	2	2,2	10	5,6
Индуктивность катушки L3, мГн	4,7	2,2	10	5,6
Емкость конденсатора C3, мкФ	22	10		
Емкость конденсаторов C4, C9, мкФ	0,47	0,1		
Емкость конденсаторов C5, C6, мкФ	0,1	1		
Сопротивление резисторов R3, R4, R8, R9, Ом	0,47	1		
Сопротивление резистора R2, кОм	3,3	3,6	1,5	3,6
Сопротивление резистора R10, кОм	0,82	1,85	0,64	1,25
Сопротивление резистора R12, кОм	560	470		
Сопротивление резистора R13, кОм	30	39	27	

Внешний вид и способ подключения демонстрационной платы AN9931DB2 показан на рис. 16а, а демонстрационных плат AN9931DB8 трех версий — на рис. 16б.

Микросхема An9961

Микросхема An9961 — контроллер управления питанием светодиодов в режиме среднего тока — предназначена для использования в DC/DC- или AC/DC-источниках питания светодиодов, в схемах светодиодной подсветки ЖК-дисплеев, табличек и знаков, в устройствах архитектурной и декоративной подсветки и уличного освещения [10].

В этой микросхеме используется иной способ стабилизации выходного тока: он производится контролем не пикового тока в нагрузке, а среднего тока, что значительно повышает точность стабилизации выходного тока в линейке светодиодов без какой-либо необходимости в цепях компенсации и обратных связей.

С целью защиты от короткого замыкания на выходе в микросхеме имеется компаратор ограничения тока, работающий в так называемом «икающем» режиме, т. е. микросхема периодически тестирует выходные цепи на отсутствие короткого замыкания и, когда обнаруживает его отсутствие, включается в нормальный режим.

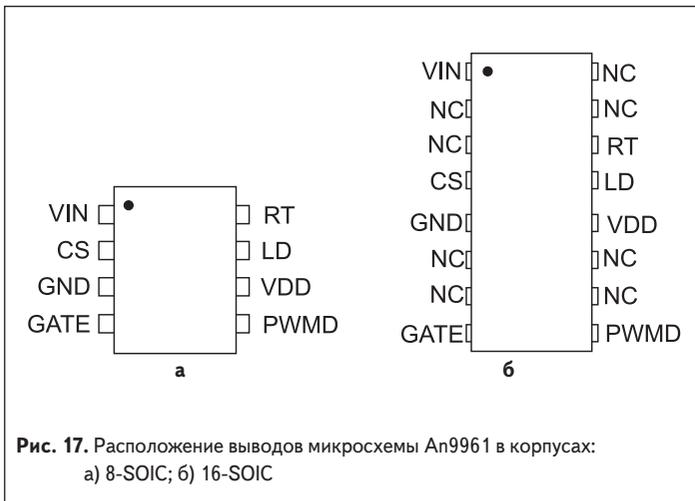


Рис. 17. Расположение выводов микросхемы An9961 в корпусах: а) 8-SOIC; б) 16-SOIC

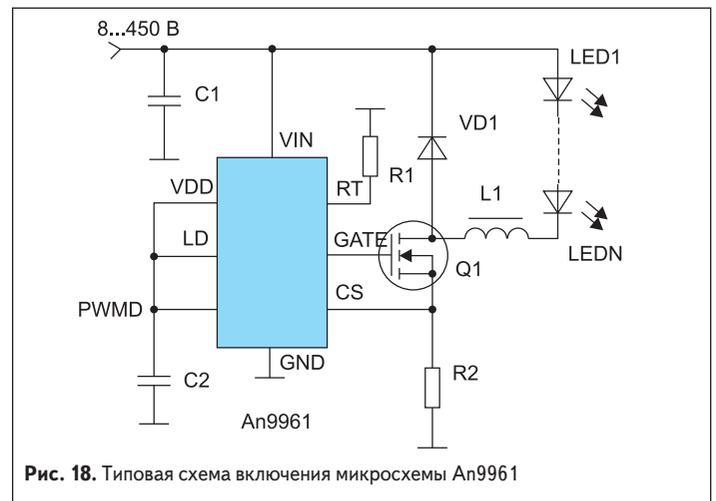


Рис. 18. Типовая схема включения микросхемы An9961

Микросхема может работать в широком диапазоне входных напряжений 8–450 В. В ней имеется встроенный стабилизатор напряжения 7,5 В и возможность линейного и ШИМ-диммирования.

Расположение выводов микросхемы An9961 в корпусах двух типов показано на рис. 17, а типовая схема включения — на рис. 18.

Резистор R1, включенный между выводом RT микросхемы и общим проводом, определяет время выключения затвора переключающего MOSFET Q1. Это время в мкс определяется по формуле: $T_{OFF} = R_1/25+0,3$, где величина сопротивления R1 может быть в диапазоне 30–1000 кОм.

Транзисторный ток протекает через резистор обратной связи R2 (резистор датчика), усредняется, и полученное напряжение подается через вывод CS на находящийся в микросхеме компаратор. Таким образом, образуется не требующая никакой компенсации обратная связь, работающая в режиме быстрой разомкнутой цепи. Выходной ток зависит от номинала резистора R2.

В микросхеме имеется встроенный стабилизатор напряжения, который, вне зависимости от величины входного напряжения на выводе VIN, сохраняет на выводе VDD микросхемы стабилизированное напряжение 7,5 В. Оно может быть использовано для питания внутренних узлов микросхемы и подключенных к ней внешних цепей.

Величина постоянного входного напряжения на выводе VIN ограничивается рассеиваемой мощностью в корпусе микросхемы. Например, когда входной ток равен 2 мА и используется микросхема в корпусе 8-SOIC, то максимальное входное напряжение ограничено величиной 390 В. Когда требуется работа микросхемы от более высокого напряжения, на входе может быть добавлен шунтирующий резистор или стабилитрон. Для приведенного примера использование 100-вольтового стабилитрона позволяет увеличить входное напряжение как раз до указанного значения.

На базе микросхемы An9961 построен светодиодный драйвер в виде демонстрационной платы AN9961DB2 [11]. Микросхема

Таблица 5. Параметры демонстрационной платы AN9961DB2

Параметр	AN9961DB2
Входное переменное напряжение, В	192–265
Выходное напряжение, В	28–38
Выходной ток, А	2,1
Выходная мощность, Вт	80
Коэффициент мощности, %	98
Эффективность, %	84
Выходное напряжение, при котором срабатывает защита, В	40
Частота переключения, кГц	70
Габариты (Д×В×Ш), мм	173×50×35

обеспечивает одновременное управление преобразованием обратного хода и коррекцию коэффициента мощности. Изолированная концепция обеспечивает легкий и безопасный монтаж и обслуживание уличных фонарей и интерьерного осветительного оборудования. Использование в драйвере средней токовой обратной связи через оптрон обеспечивает хорошую стабилизацию тока в нагрузке (отклонение не превышает 1%).

Конструкция предназначена для фиксированного выходного тока 2,1 А, рассчитана на нагрузку из 10 последовательно соединенных светодиодов и имеет защиту от короткого замыкания на выходе, обрыва нагрузочной цепи и перенапряжения.

Параметры демонстрационной платы AN9961DB2 приведены в таблице 5.

Принципиальная схема базового варианта демонстрационной платы AN9961DB2 приведена на рис. 19.

Соединенные параллельно сенсорные резисторы R11, R12, R14–R16 предназначены для отключения MOSFET VT1 при превышении порогового напряжения на выводе CS микросхемы в случае превышения тока через транзистор. Повторное включение производится находящимся в микросхеме главным переключателем через определенное заданное время. Времязадающий резистор R2, подключенный к выводу RT микросхемы, определяет время отключения микросхемы.

Вспомогательные компоненты VD6, R7, VD5, C8, R9, R10, C9 используются для обеспечения питания микросхемы.

Для достижения высокого коэффициента мощности пиковый ток модулируется таким образом, чтобы происходило отслеживание выпрямленного входного напряжения посредством резистивного делителя R3, R4, R5, и этот сигнал смешивается с сигналом обратной связи, поступающим с оптрона V1. Суммарный сигнал подается на вывод LD микросхемы.

Плата дает возможность управления постоянным током на выходе. Для этого во вторичных цепях импульсного трансформатора TV1 используется микросхема D2 типа TLE4305, которая «измеряет» выходной ток и с вывода OUT подает сформированный в зависимости от него выходной сигнал на упомянутый оптрон. Измерение тока производится посредством соединенных параллельно резисторов R21–R25. Чтобы минимизировать потери в этих резисторах, микросхема D2 допускает очень низкое сенсорное напряжение на выводе CSE (порядка 0,2 В), а кроме того, может переключаться в режим регулирования постоянного напряжения в том случае, если выходное напряжение превышает порог, установленный резистивным делителем R26, R27 на выводе VSE.

Постоянные времени петли регулирования задаются емкостями конденсаторов C18 и C19, подключенных к выводам CCO и VCO микросхемы соответственно. Они выбираются из следующих соображений: с одной стороны, необходимо, чтобы постоянная времени регулирования тока была бы ниже, чем частота переменного тока питающей сети,

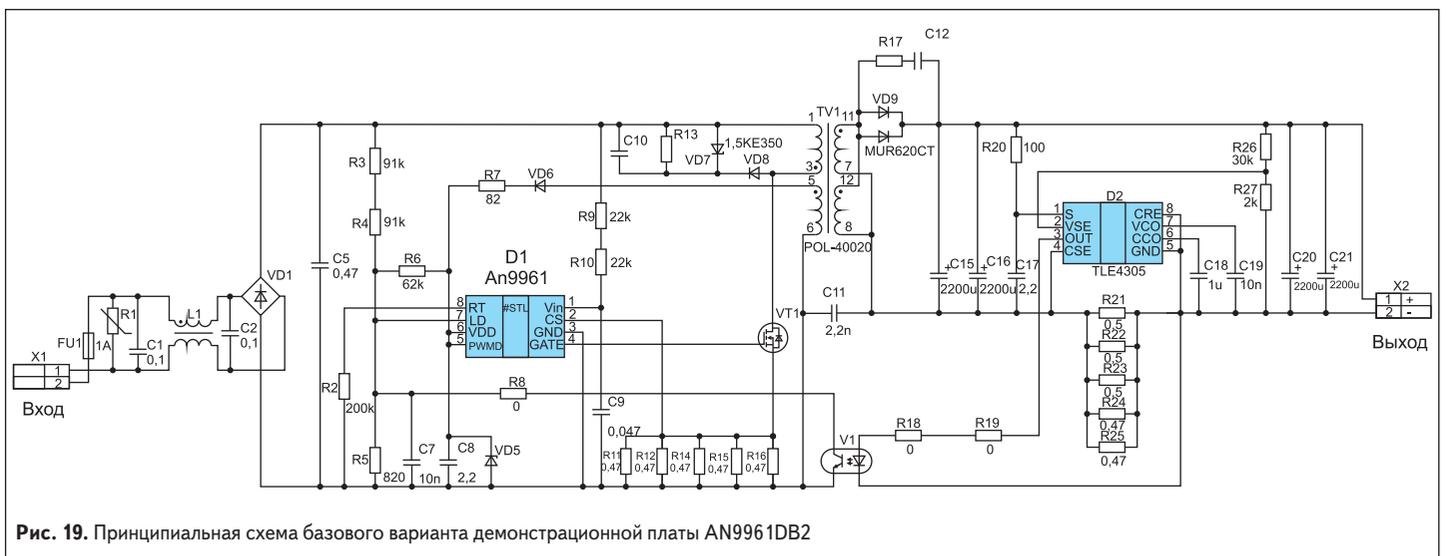


Рис. 19. Принципиальная схема базового варианта демонстрационной платы AN9961DB2

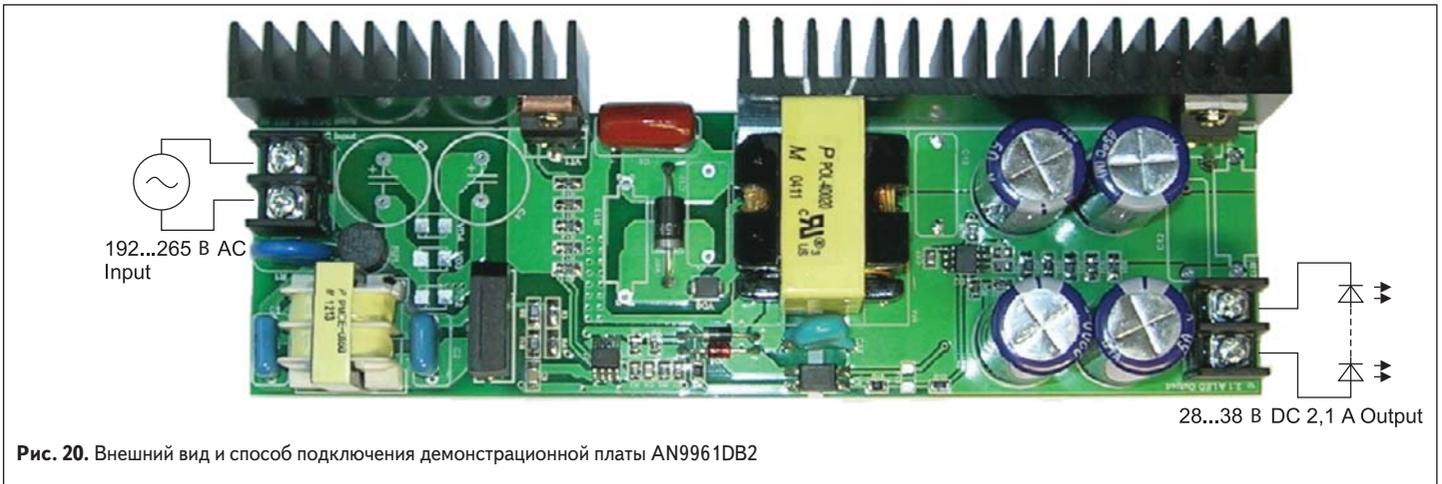


Рис. 20. Внешний вид и способ подключения демонстрационной платы AN9961DB2

а с другой стороны, регулирование напряжения должно быть быстрым, чтобы избежать токовых перегрузок при запуске схемы свыше установленного значения 2,1 А.

В связи с тем, что протекание тока генерации через первичную обмотку трансформатора TV1 и вторичный выпрямитель VD9, C15, C16 является значительным источником РЧ-излучения, добавление в схему демпфирующих цепей C10, R13, VD7, VD8 и R17, C12 является весьма полезным. Кроме того, они уменьшают броски напряжения на транзисторе VT1 и диоде VD9.

На рис. 20 показаны внешний вид и способ подключения демонстрационной платы AN9961DB2.

Литература

1. High Input Voltage Adjustable 3-Terminal Linear Regulator An8R. Angstrom.
2. LED Driver An9910. Angstrom.
3. An9910B. Universal High Brightness LED Driver IC. Angstrom.
4. An9911. Switch-mode LED Driver IC with High Current Accuracy. Angstrom.

5. An9920/9921/9922/9923. 3-Pin Switch-Mode LED Lamp Driver. Angstrom.
6. LED Driver Demo Board AN9920ADB2/3/4. Angstrom.
7. An9931. Unity Power Factor LED Lamp Driver. Angstrom.
8. LED Driver Demo Board AN9931DB2. Angstrom.
9. LED Driver Demo Board AN9931DB8. Angstrom.
10. An9961. LED Driver with Average-Mode Constant Current Control. Angstrom.
11. Isolated LED Driver Demo Board AN9961DB2. Angstrom.