

Александр Пескин | market@angstrom.ru | Владимир Канунников

# Объединение функций ККМ и стабилизатора тока в новой микросхеме от «Ангстрем»

Микросхема AN9931 — еще один представитель выпускаемой компанией «Ангстрем» линейки контроллеров управления питанием светодиодов [1]. Она может использоваться 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 [2] характеризуется и другими 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;
- возможностью исключения фильтрующих электролитических конденсаторов большой емкости, что повышает надежность изделия;
- наличием фиксированной частоты переключения.

AN9931 предназначена для использования в энергосберегающих светодиодных светильниках, светофорах и устройствах уличного и декоративного освещения. Она обеспечивает почти близкий к единице коэффициент мощности и очень большой коэффициент понижения напряжения, что позволяет управлять с ее помощью даже единственным сверхъярким светодиодом от входного переменного напряжения 85–265 В без использования понижающего трансформатора.

В новой микросхеме для регулировки входного и выходного токов используется управление пиковым током незамкнутой петли, что исключает необходимость цепей компенсации, ограничивает пусковой ток и обеспечивает защиту в случае чрезмерного понижения входного напряжения. AN9931 имеет низкочастотный ШИМ-диммирующий вход, на который можно подавать сигнал внешнего управления с частотой несколько килогерц. А фазовое диммирование позволяет создавать оригинальные решения с использованием бытовых настенных регуляторов яркости.

На рис. 1 и 2 показаны структурная схема микросхемы AN9931 и расположение ее вы-

водов в корпусах разных типов; назначение выводов приведено в таблице.

AN9931 разработана для управления однокаскадным повышающе-понижающим преобразователем (данная топология позволяет как повысить выходное напряжение, так и понизить его относительно входного). По сути, это модифицированная схема Чука. Данная топология предполагает ряд полезных для управления сверхъяркими светодиодами (High Brightness Light Emitting Diode, HB LED) преимуществ: приближающийся к единице коэффициент мощности, небольшие гармонические искажения входного переменного тока и низкая пульсация выходного тока.

Выходная нагрузка развязана от входного напряжения разделительным конденсатором, изоляция которого защищает светодиоды от выхода из строя при неисправности во входных цепях. Конструкция преобразователя позволяет использовать в этой цепи неэлектролитический конденсатор относительно небольшой емкости, что приводит к уменьшению габаритов и повышению надежности конечного изделия.

AN9931 — контроллер с пиковым режимом по току, специально разработанный для управ-

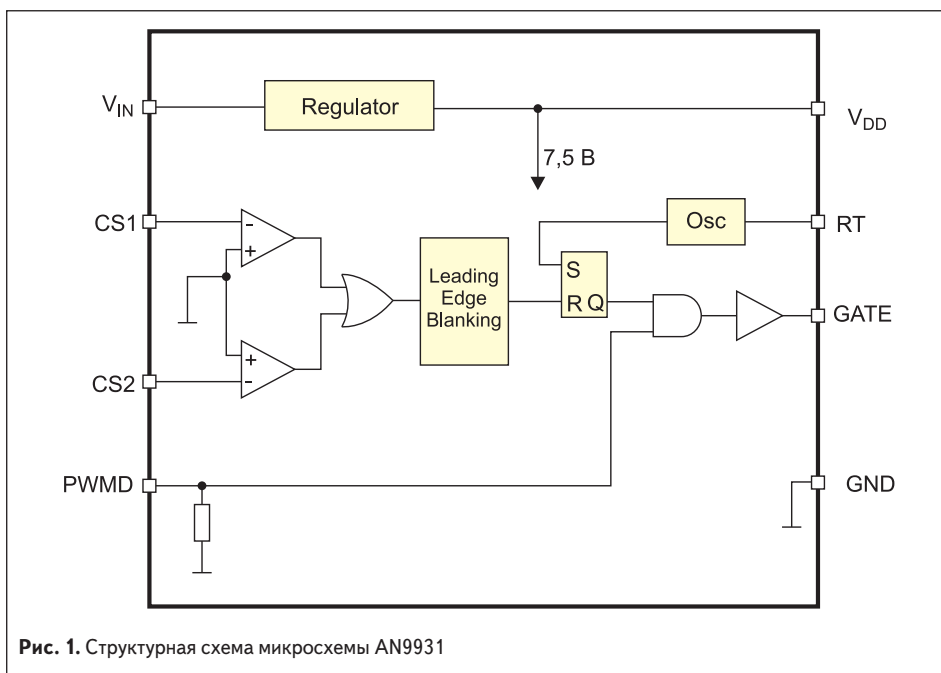


Рис. 1. Структурная схема микросхемы AN9931

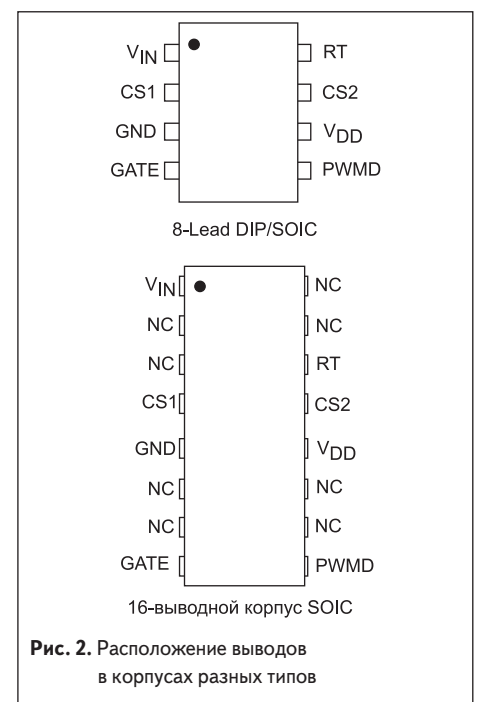


Рис. 2. Расположение выводов в корпусах разных типов

Таблица. Назначение выводов микросхемы AN9931

Номер вывода		Обозначение вывода	Описание вывода
Для корпусов 8-Lead DIP/SOIC	Для корпуса 16-Lead SOIC		
1	1	$V_{IN}$	Вход напряжения питания встроенного регулятора.
2	4	CS1	Вход считывания входного тока — первый инвертирующий вход внутреннего компаратора.
3	5	GND	Общий (корпус).
4	8	GATE	Выход сигнала для его подачи на затвор p-канального полевого транзистора.
5	9	PWMD	Вход управления ШИМ-диммигом. Когда вывод замкнут на корпус, драйвер выключен, в противном случае включен.
6	12	$V_{DD}$	Вывод источника питания внутренних цепей — выход встроенного регулятора напряжения. Между ним и общим проводом должен быть подключен конденсатор с малым эквивалентным последовательным сопротивлением.
7	13	CS2	Вход считывания выходного тока — второй инвертирующий вход внутреннего компаратора.
8	14	RT	Вход регулирования частоты переключения или времени отключения. Сопротивление резистора, включенного между этим выводом и общим проводом, определяет частоту переключения, а между этим выводом и затвором полевого транзистора — время отключения транзистора.
-	2, 3, 6, 7, 10, 11, 15, 16	NC	Не подключены.

ления преобразователем питания с постоянным током, поэтому в нем применены два одинаковых внутренних компаратора с чувствительными входами обнаружения токовых сигналов. Один из компараторов контролирует выходной ток светодиодов, а другой используется для анализа тока во входной цепи — он, в основном, отвечает за запуск контроллера (Start-up). Схема управления, по сути, обеспечивает низкий пусковой ток и защиту от перенапряжения (Under Voltage Protection).

Типовая схема включения микросхемы AN9931 показана на рис. 3.

Микросхема может питаться входным постоянным напряжением  $V_{IN} = 8-450$  В. При этом, независимо от величины входного напряжения, на выходе встроенного регулятора формируется напряжение  $V_{DD} = 7,5$  В,

питающее внутренние узлы микросхемы и через вывод  $V_{DD}$  резистивные делители упомянутых компараторов  $R_{ref1}$ ,  $R_{cs1}$ ,  $R_{s1}$  и  $R_{ref2}$ ,  $R_{cs2}$ ,  $R_{s2}$ . Регулятор оснащен схемой защиты от понижения напряжения, которая отключает микросхему, когда напряжение на выводе  $V_{DD}$  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  $V_{DD}$  внешнего питающего напряжения, несколько большего, чем внутреннее регулируемое напряжение. Это приведет к отключению внутреннего регулятора, а устройство будет черпать энергию от внешнего источника питания.

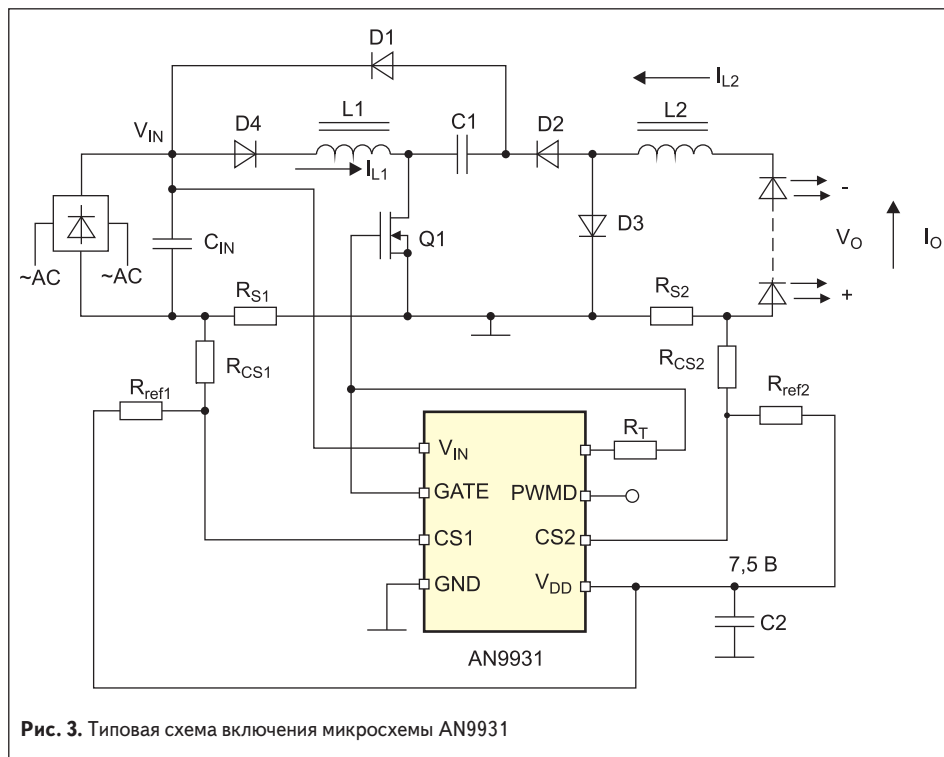


Рис. 3. Типовая схема включения микросхемы AN9931

Для обеспечения ШИМ-диммирования используется управляющий вывод PWMD микросхемы, на который подаются прямоугольные импульсы напряжения. Когда на него подано напряжение высокого уровня, на выводе GATE микросхемы формируется сигнал, включающий мощный полевой транзистор Q1. Когда вывод замкнут на корпус (на него подано напряжение низкого уровня), мощный транзистор выключен. Микросхема разработана таким образом, что сигнал, подаваемый на вывод PWMD, 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 PWMD или  $V_{IN}$  может прервать выходной ток через светодиоды в соответствии с фазорегулируемым напряжением.

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 достигается нагрузке.

AN9931 может работать с программируемой постоянной частотой или с постоянным временем отключения. Во многих случаях предпочтителен второй режим, так как при нем улучшаются условия регулирования, уменьшаются скачки напряжения и проще достигается соответствие нормативным требованиям к электромагнитным помехам (Electromagnetic Interference, EMI).

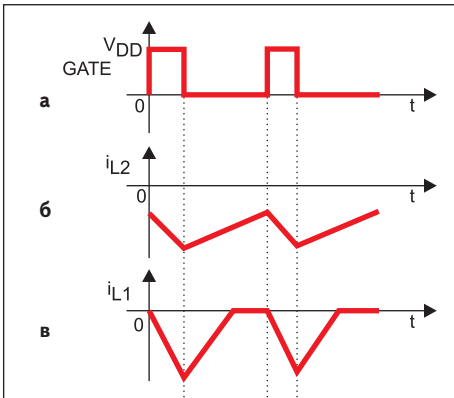
Сопротивление внешнего резистора  $R_T$  [кОм], включенного между выводом RT микросхемы и общим проводом (на рис. 3 не показано), определяет частоту переключения генератора  $F_S$  [кГц] в соответствии со следующей формулой:

$$F_S = 25000 / (R_T + 22).$$

Если же этот резистор включен между выводами RT и GATE (как показано на рис. 3), то его сопротивление  $R_T$  [кОм] определяет время выключения генератора (Off-time)  $T_{OFF}$  [мкс] в соответствии со следующей формулой:

$$T_{OFF} = (R_T + 22) / 25.$$

В микросхеме имеются два токовых компаратора, неинвертирующие входы которых внутри нее соединены с общим проводом. На инвертирующие входы каждого из них (выводы CS1, CS2) подаются сигналы считывания входного и выходного токов соответственно. Пороги чувствительности компараторов определяются номиналами резисторов делителей  $R_{ref1}$ ,  $R_{cs1}$ ,  $R_{s1}$  и  $R_{ref2}$ ,  $R_{cs2}$ ,  $R_{s2}$ , подключенных к источнику опорного напряжения  $V_{DD} = 7,5$  В. Когда любое из напряжений на выводах CS1 и CS2 падает до нуля, формирование импульсов



**Рис. 4.** Осциллограммы: а) временной зависимости сигнала переключения на затворе полевого транзистора GATE; б) тока, протекающего через катушку индуктивности L2; в) тока, протекающего через катушку индуктивности L1

на выводе GATE прекращается. Напряжение на этом выводе снова приобретает высокий уровень при поступлении синхронизирующего импульса от генератора. При этом формируется задержка переднего фронта импульса с типовым значением 215 нс.

Первый компаратор с входом CS1 ограничивает ток во входной катушке индуктивности L1. При

запуске преобразователя на конденсаторе C1 заряд отсутствует, микросхема оказывается в режиме ограниченного входного тока, а следовательно, в катушке индуктивности L2 не может развиваться большой выходной ток. Такой режим называется режимом запуска (Start-up), или «мягкого» старта. Порог срабатывания первого компаратора должен быть запрограммирован так, чтобы не происходило ограничение входного тока при нормальной стационарной работе преобразователя. Он может быть установлен исходя из следующего уравнения:

$$R_{cs1} = I_{L1(p)} / 7,5 \times R_{ref1} \times R_{s1},$$

где  $I_{L1(p)}$  — максимальное пиковое значение тока в катушке L1.

Выходной ток через светодиоды может определяться исходя из следующей зависимости:

$$R_{cs2} = (I_0 + 0,5\Delta I_{L2}) / 7,5 \times R_{ref2} \times R_{s2},$$

где  $I_0$  — выходной ток через светодиоды,  $\Delta I_{L2}$  — размах пульсации тока в катушке L2.

На рис. 4 приведены осциллограммы временной зависимости сигнала переключения на затворе полевого транзистора GATE (рис. 4а) и токов, протекающих через катушки индуктивности L2 (рис. 4б) и L1 (рис. 4в).

В типовом случае способность микросхемы к управлению полевым транзистором ограни-

чена в основном количеством рассеиваемой мощности в ее линейном регуляторе. Таким образом, при конструировании следует позаботиться об отборе мощности. Чтобы минимизировать ток на входе регулятора, должен быть найден компромисс между накапливаемым в затворе полевого транзистора зарядом и его сопротивлением во включенном состоянии.

Необходимо заметить, что для микросхемы AN9931, так же как и для AN9961 [3], ток в нагрузке, представляющей собой цепь последовательно соединенных светодиодов, не нормируется. Это объясняется тем, что нагрузка подключается к контроллеру через внешний полевой транзистор, который управляется ШИМ-сигналом от контроллера.

## Литература

1. Шеремет К., Евстифеев А., Таболкин А. Микросхемы «Ангстрем» для построения LED-драйверов // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 5.
2. AN9931. Unity Power Factor LED Lamp Driver. Angstrom.
3. Пескин А. Микросхема AN9961 — контроллер управления питанием светодиодов с прецизионным регулированием по среднему току // Полупроводниковая светотехника. 2012. № 2.