

Практический опыт применения микросхемы Supertex HV9910

Алексей ЕВСТИФЕЕВ
alexey.evstifeev@symmetron.ru

Светодиодное освещение, которое в настоящее время очень популярно, требует применения специализированных драйверов. Это могут быть драйверы, которые работают от сети 220 В/50 Гц или сети постоянного тока. Главная задача светодиодного драйвера — обеспечить на выходе постоянный стабильный ток, независимо от изменения питающего напряжения и количества светодиодов в цепочке. В статье рассказано о микросхеме HV9910, которая нашла широкое применение в драйверах для светодиодов благодаря простоте схемного решения и низкой стоимости.

Микросхема HV9910 позволяет очень просто реализовать стабильный источник тока для питания светодиодов, ее стандартная схема приведена на рис. 1. Схема включения может быть разной, она может быть классической понижающей (buck), повышающей (boost) либо инвертирующей (buck-boost). Это далеко не все возможные вариации схем включения. Микросхема очень удобна наличием собственного встроенного регулятора напряжения, который позволяет питать ее без применения дополнительной обмотки (от транс-

форматора). Она имеет вывод для программирования частоты переключения и выводы для реализации функции димминга (регулировки яркости).

HV9910, главным образом, предназначена для низкобюджетных светильников, где не требуется высокая стабильность выходного тока, и используется в приборах, где время жизни светильника не так важно. Однако большинство российских инженеров массово внедряют данную микросхему в светильники для ЖКХ, системы уличного освещения, светильники для транспорта. Рассмотрим работу

микросхемы, чтобы понять основные причины, препятствующие использованию данной микросхемы в ответственных применениях.

Микросхема стабилизирует ток на светодиодах по пиковому значению. Значение тока снимается непосредственно с резистора датчика тока R_{CS} , ток поступает на компаратор (вывод микросхемы CS) и сравнивается с опорным сигналом 250 мВ. Если напряжение на R_{CS} превышает 250 мВ, происходит выключение ключа Q1. Как видно на рис. 2, при одной и той же ширине импульса и при одном и том же пиковом значении величина среднего тока может отличаться в 2 раза.

На рис. 2 приведены три возможных импульса в разных режимах работы — от режима прерывистых токов до непрерывного. Видно, что при изменении напряжения питания и количества включенных светодиодов ток в нагрузку будет меняться в очень широких пределах (до 2 раз), что вносит определенные ограничения по использованию микросхемы в системах с широким разбросом по напряжению питания. Это же ограничение не позволяет строить универсальные стабилизаторы тока с любым количеством последовательно включенных светодиодов.

Следует также рассмотреть неприятное явление при использовании микросхемы в режиме с постоянной частотой переключения — нестабильность при ширине импульса более 50% (subharmonic oscillation — субгармонические колебания), что описано в [1, 2]. На рис. 3 представлена осциллограмма напряжения на затворе транзистора (желтый) и на резисторе R_{CS} датчика тока (синий) при ширине импульса 40%. Видно, что схема функционирует абсолютно нормально. Когда ширина импульса немного превышает 50%, ширина импульсов начинает изменяться от импульса к импульсу, происходят колебания тока в нагрузке в широком диапазоне (рис. 4а). Далее ситуация усугубляется (рис. 4б), происходит «срастание» соседних импульсов (рис. 4в) и срыв генера-

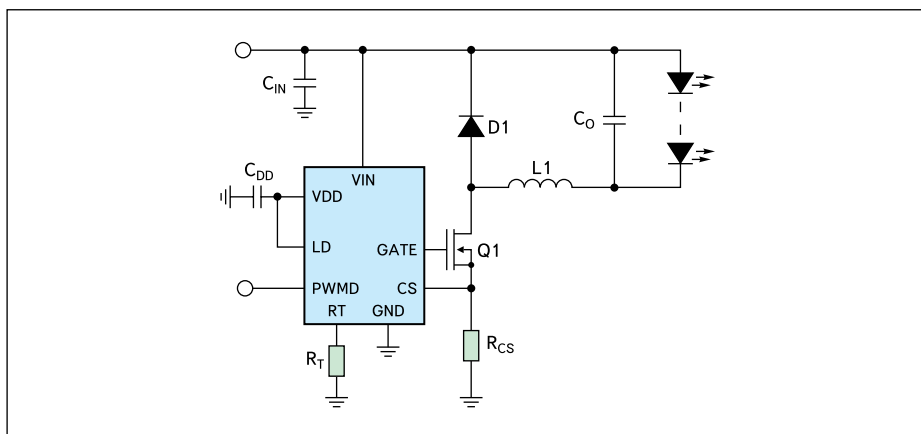


Рис. 1. Стандартная схема включения микросхемы HV9910

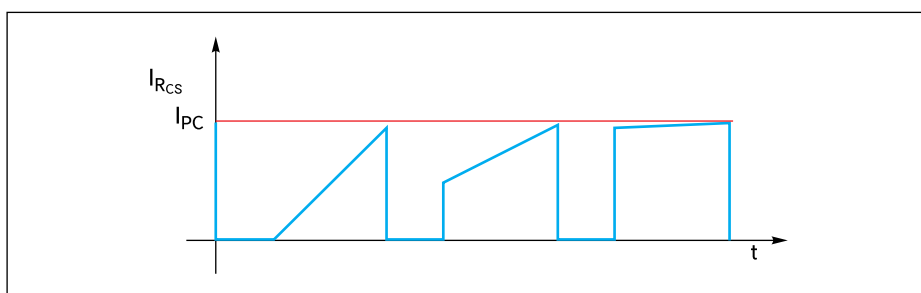


Рис. 2. Схема возможных форм тока, протекающего через резистор R_{CS}

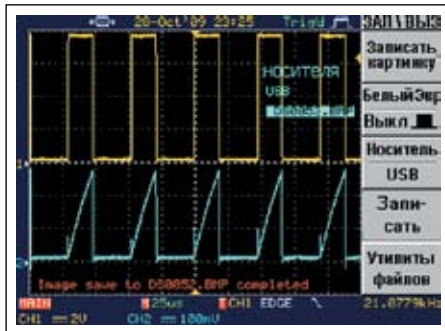


Рис. 3. Осциллограмма напряжения на затворе и на резисторе R_{CS} при ширине импульса 40%

ции, транзистор полностью открывается, ток в схеме не контролируется (рис. 4г). В этом режиме дроссель переходит в режим насыщения. Ток, протекающий через светодиоды, ограничен лишь сопротивлением канала транзистора $R_{DS\ on}$ и активным сопротивлением обмотки дросселя.

Данный эффект хорошо известен, и он удачно «лечится» при помощи подачи на токовый вход CS микросхемы дополнительного пилообразного напряжения [2]. Стабильность и максимальная ширина импульса будет зависеть от величины пилообразного напряжения, поданного на вход CS. Необходимо также учесть, что полученный комбинированный сигнал будет отличаться от величины тока в цепи, и нужно будет дополнительно пересчитать значение резистора R_{CS} . На практике такое напряжение снимается с частото задающего конденсатора, дополнительно усиливается эмиттерным повторителем и подается в нужной пропорции на токовый вход CS. У данной микросхемы отсутствует токовый выход. Пилообразное напряжение можно получить, используя дополнительную схему, которая бы управлялась сигналом затвора (выход Gate).

Разработчик может предположить, что, если схема изначально рассчитана на ширину импульсов не более 50%, то он избежит данного эффекта. Отнюдь нет, этот эффект будет наблюдаться в моменты включения (рис. 5а) и выключения схемы (рис. 5б), когда ширина импульсов должна была бы (по логике вещей), чтобы сохранить постоянным ток в нагрузке) соразмерно постепенно уменьшаться и увеличиваться. В эти моменты включения и выключения будут происходить неконтролируемые выбросы тока, величина которых будет зависеть от многих факторов (время нарастания напряжения питания, величина напряжения питания, сопротивление обмотки дросселя, сопротивление открытого канала транзистора). В результате эксперимента автор получил выбросы тока, в 5 раз превышающие номинальное значение. Как известно, токовые стрессы для светодиодов не очень благоприятны, они ведут к деградации (падению значения лм/Вт), серьезному снижению срока жизни светодиодов (так как происходит

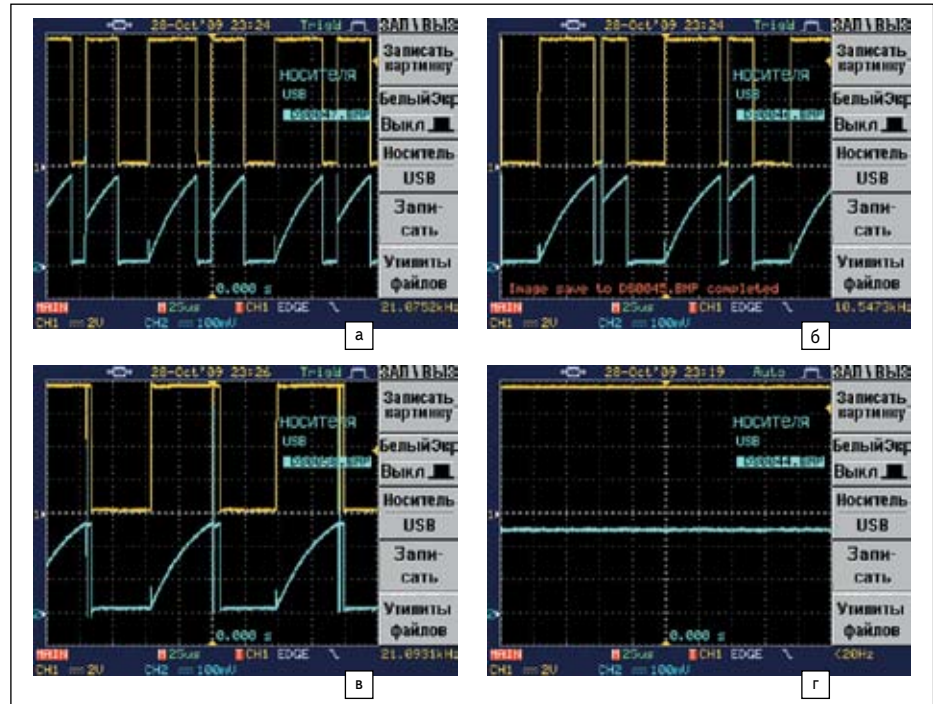


Рис. 4. Напряжение на затворе транзистора и на резисторе R_{CS} при ширине импульса более 50%:

- а) сбой ширины импульсов, возбуждение схемы;
- б) отличия соседних импульсов приобретают все более выраженный характер;
- в) соседние импульсы почти «срослись»;
- г) срыв генерации, ключ полностью открыт, ток не контролируется

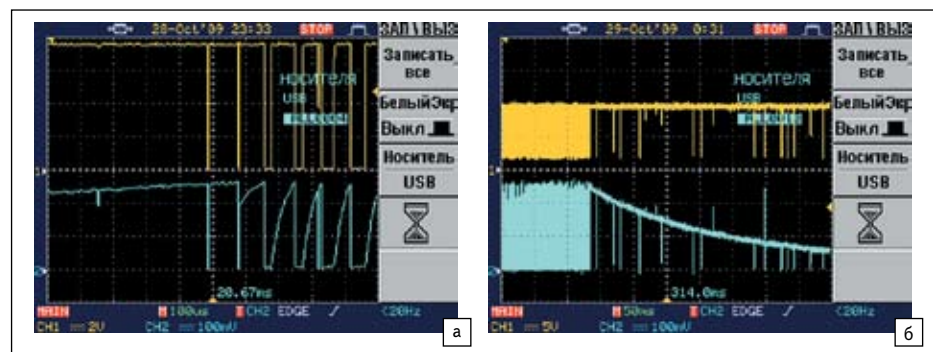


Рис. 5. Переходные процессы: а) в момент включения; б) в момент выключения

кратковременное выделение большой мощности на кристалле светодиода и, как следствие, локальный перегрев кристалла) и даже к выходу из строя светодиодов.

Аналогичную ситуацию с несколькими процентами выхода из строя источников питания при производстве телевизоров автор наблюдал при использовании микросхемы UC3842 при отсутствии компенсации наклона «пилы». После введения доработок проблема была решена.

Как сказано в документах [1] и [2], микросхема может работать в режиме с фиксированным временем выключения $T_{off} = const$. В этом режиме частота меняется, и схема будет работать в граничном режиме (Critical Conduction Mode). Чтобы перевести микросхему в данный режим, необходимо нижний по схеме вывод резистора R_t вместо общего провода подсоединить к выводу Gate мик-

росхемы. Следует отметить, что в данном режиме точность стабилизации тока, протекающего через светодиоды, очень высокая, и этот ток практически не зависит от количества светодиодов и напряжения питания сети. На точность стабилизации будет влиять изменение индуктивности дросселя при разных значениях протекающего тока (рис. 6). По принципу работы ситуация, показанная на рис. 2, практически невозможна, все импульсы имеют одинаковый характер, треугольную форму. Однако исследования показали, что при увеличении ширины импульса более 60% также происходит срыв генерации, транзистор открывается, и ток через светодиоды не контролируется (рис. 7).

Производитель данных микросхем — компания Supertex — анонсировала новые микросхемы HV9961 [3], которые полностью совместимы по выводам с предыдущей HV9910.

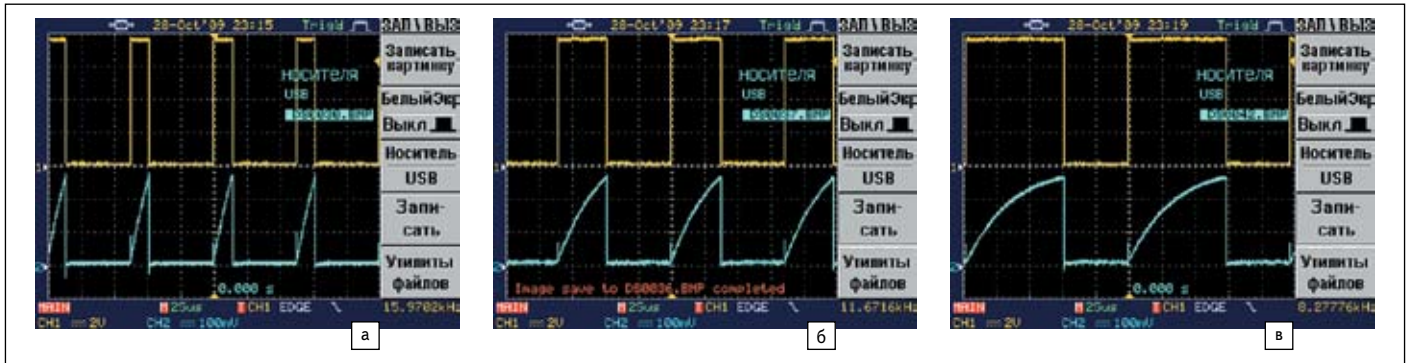


Рис. 6. Осциллограммы в режиме с постоянным временем выключения $T_{off} = \text{const}$



Рис. 7. Осциллограмма неконтролируемого режима

Новая микросхема работает в режиме с постоянным временем выключения $T_{off} = \text{const}$, стабилизирует ток по средневыпрямленному значению, что позволяет получить высокую точность стабилизации (заявлено $\pm 3\%$). Однако, что очень смущает, цена HV9961 довольно высока [4] (в несколько раз выше, чем у HV9910). Новую микросхему мы исследуем при первой возможности и в следующих номерах журнала расскажем о ней, а также о микросхеме IRS2540/IRS2541 (стабилизация тока по средневыпрямленному току, наличие синхронного выпрямителя). А конкретно — об особенностях не только

работы этой микросхемы, но и проектирования устройств на ее основе.

Литература

1. HV9910B Universal High Brightness LED Driver. Doc. # DSFP-HV9910B NR082107.
2. HV9910B: Constant, Off-time, Buck-based LED Driver.
3. HV9961: LED Driver with Average-Mode Constant Current Control.
4. News release: Led driver from Supertex delivers very high accuracy via constant current control. HV9961 Achieves High Accuracy Without High-Side Current Sensing.