

# УМЕНЬШЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОМЕХ В ДРАЙВЕРАХ БЕЛЫХ СВЕТОДИОДОВ

**ДЖЕФ ФЭЛИН (JEFF FALIN), инженер по пр именованию, Texas Instruments**

*В статье рассматриваются способы снижения электромагнитных помех (ЭМП) в драйверах белых светодиодов. Сделан вывод о том, что уменьшению ЭМП способствуют правильный выбор микросхем и пассивных компонентов, а также удачная топология и минимально допустимые размеры печатной платы.*

Во многих мобильных телефонах для подсветки дисплеев используются светоизлучающие диоды с белым цветом свечения (БСИД). В тоже время в мобильных телефонах используются литий-ионные батареи с выходным напряжением 2,7...4,2 В. Учитывая, что для подсветки экрана необходимо включить несколько БСИД последовательно, а падение напряжения на каждом из них составляет 3,6 В, необходимо, чтобы драйвер БСИД обеспечивал более высокое напряжение, чем у источника питания. Для этого обычно используют индуктивный повышающий преобразователь. Типовая схема включения драйвера БСИД с использованием микросхемы TPS61161 показана на рисунке 1.

Индуктивный импульсный преобразователь генерирует электромагнитные помехи, величина которых пропорциональна выходной мощности. Размеры дисплеев мобильных телефонов увеличиваются, соответственно, возрастают и выходная мощность драйвера, и генерируемые им помехи. На величину ЭМП влияет и топология печатной платы. Минимизация ЭМП, излучаемых драйверами БСИД, до такой степени, чтобы они не влияли на работу других систем — одна из главных задач и производителей драйверов, и производителей подсветки дисплеев.

Излучаемые ЭМП определяются энергией электрического поля, сосредоточенного в конденсаторе, и энергией магнитного поля, локализованного в индукторе. Величина электрического поля прямо пропорциональна значению емкости и напряжению заряда емкости, в том числе и паразитных емкостей. Величина емкости обратно пропорциональна расстоянию между элементами, создающими емкость. В идеале паразитная емкость компонентов схемы, расположенных на печатной плате, должна быть минимизирована. Паразитная емкость может создаваться, например, металлической поверхностью или сплошным слоем проводника на печатной плате.

Величина магнитного поля прямо пропорциональна индуктивности и току, через нее протекающему. Величина индуктивности зависит от числа витков или длины проводника. Паразитная индуктивность минимизируется уменьшением длины проводников, уменьшением замкнутых контуров и экранированием индукторов, размещенных на печатной плате.

ЭМП зависят также от скорости изменения токов и напряжения на паразитных емкостях и индуктивностях печатной платы. Главный способ снизить ЭМП — уменьшить размеры печатной платы, что повлечет за собой уменьшение паразитных индуктивностей и емкостей.

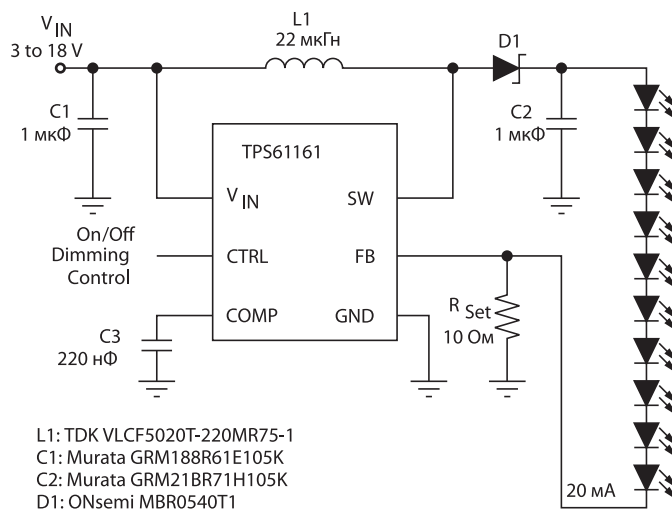


Рис. 1. Драйвер подсветки TPS61161

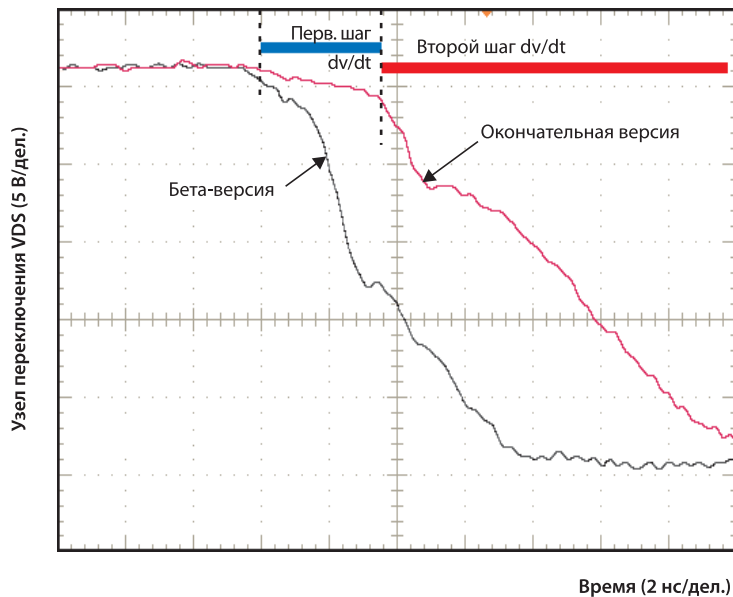


Рис. 2. Узел переключения драйвера TPS61161 БСИД

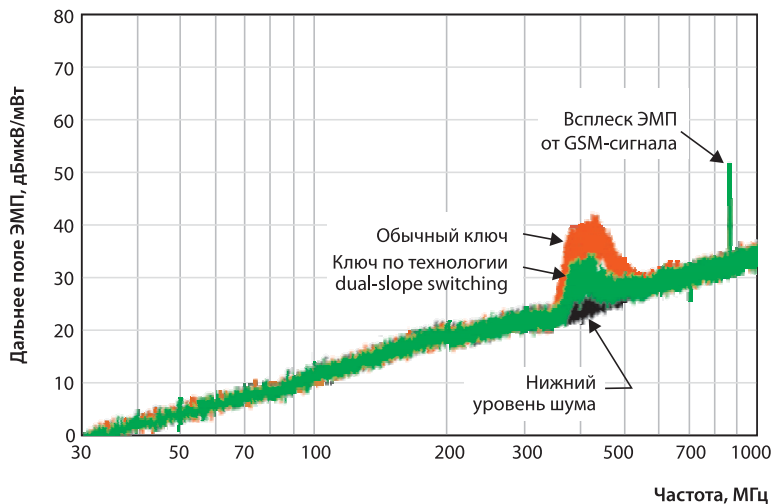


Рис. 3. Измерение ЭМП микросхемы TPS61161 с традиционным ключом и ключом по технологии

Также необходимо уменьшить напряжение и скорость изменения токов на паразитных элементах. Этот способ реализуется на этапе проектирования усилиями инженера-схемотехника и разработчика топологии печатной платы. Особенное внимание этим вопросам следует уделить при работе схемы на высоких частотах — свыше 300 кГц.

Однако и микросхема драйвера также является источником ЭМП. На рисунке 2 показано изменение напряжения «сток-исток»  $V_{DS}$  внутреннего NMOSFET (т.н. узел переключения) при его включении (открытии). Синей линией выделена кривая, полученная при переключении NMOSFET бета-версии TPS61161. Коммутация в этом случае происходит так же, как обычно при использовании высокоскоростного драйвера затвора. Красной линией показана кривая, полученная при испытании окончательной версии микросхемы TPS61161, в которой применяется технология двойного наклона при переключении — dual-slope switching technology. В этом случае контролируется спад заднего фронта (т.е. значение  $dV/dt$ ), который происходит за два шага. Во время первого вну-

тренний силовой ключ сравним с обычным FET —  $dV/dt$  меняется медленно, чтобы уменьшить величину броска тока и, соответственно, ЭМП, которые в первую очередь определяются паразитной индуктивностью. На втором шаге коммутации для того чтобы минимизировать коммутационные потери, скорость открытия ключа и, соответственно,  $dV/dt$  возрастают.

На рисунке 3 представлены результаты измерения дальнего поля ЭМП оценочного модуля TPS61161EVM-243 с микросхемой, в которой коммутация производится по технологии dual-slope switching technology и аналогичные результаты, когда в микросхеме коммутация силового ключа происходила обычным способом. Черным выделена кривая, показывающая минимальный уровень шума. На рисунке виден случайный всплеск ЭМП от GSM-сигнала. Из рисунка видно, что применение технологии dual-slope switching technology, когда коммутация силового ключа происходит за два шага, ЭМП в районе 400 МГц уменьшаются примерно на 10 дБмкВ/мВт.

На более низких частотах паразитные индуктивность и емкость вносят основной вклад в генерацию ЭМП. На

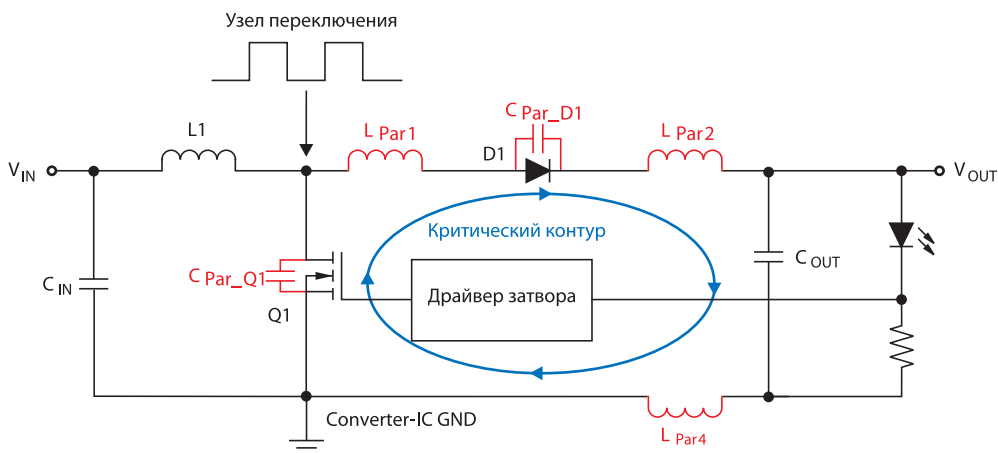


Рис. 4. Схема повышающего преобразователя драйвера БСИД

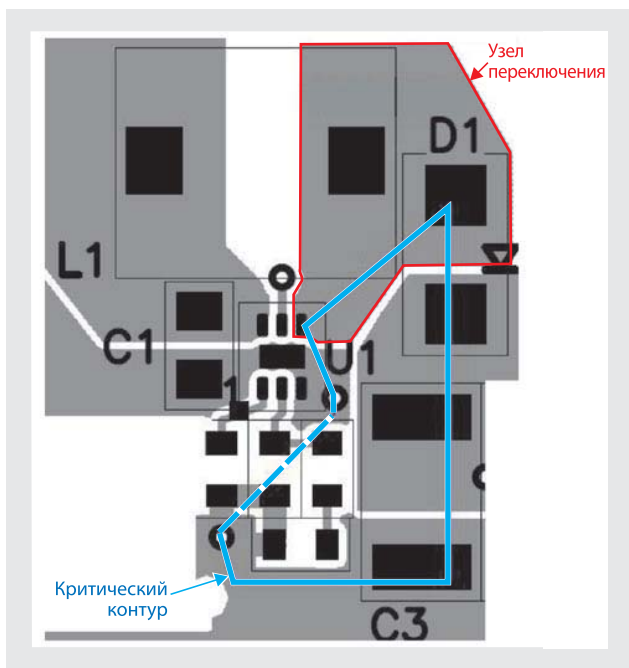


Рис. 5. Неправильная топология печатной платы

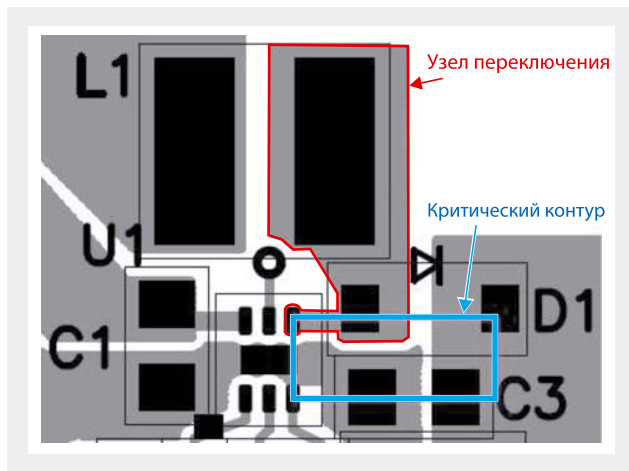


Рис. 6. Улучшенная топология печатной платы с TPS61161

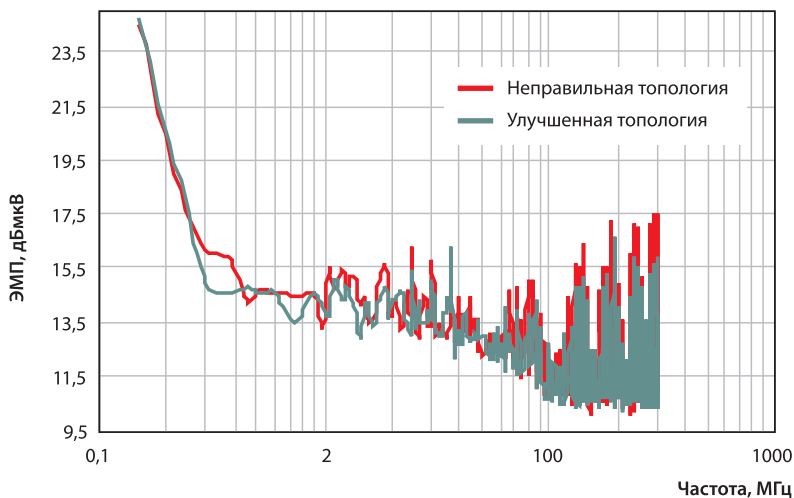


Рис. 7. Измерение ЭМП печатной платы с неправильной топологией и печатной платы с улучшенной топологией

рисунке 4 показана схема повышающего преобразователя БСИД. Контур, образованный паразитными емкостями диода D1, транзистора Q1 и паразитными индуктивностями  $L_{PAR}$  проводников печатной платы, проводит ток, и когда D1, Q1 открыты, и когда они закрыты. Когда ключ Q1 закрывается, в индуктивности L1 накапливается энергия, и ток протекает через диод D1, выходные цепи и землю — GND. Из-за наличия паразитных элементов может возникать «звон» выходного напряжения — затухающие колебания на резонансной частоте, вызванные резонансом паразитных индуктивностей и емкостей. К паразитным емкостям D1, Q1 добавляются паразитные емкости проводников печатной платы, слоя земли.

В общем случае паразитная емкость проявляется в узле переключения, под которым расположен сплошной слой земли, и когда значение  $dV/dt$  велико. На рисунке 5 показана неправильная топология печатной платы с микросхемой TPS61161, где U1 — микросхема TPS61161, L1 — индуктор, D1 — диод, C1 — входной конденсатор, C3 и C4 — выходные конденсаторы. Критичный контур, выделенный голубой линией, довольно велик и охватывает слой земли и монтажную площадку индуктивности L1 узла переключения.

На рисунке 6 показана топология печатной платы оценочного модуля с микросхемой TPS61161. На плате расположены те же элементы, что и на плате, показанной на

рисунке 5, но с уменьшенным узлом переключения, без слоя земли под ним и более компактным размещением компонентов. В этом случае земля критичного контура (выделен голубой линией) заметно меньше.

На рисунке 7 приведены результаты измерения ЭМП ближнего поля изделия, питаемого от двух батарей. В одном случае топология печатной платы неудачна, в другом — улучшена. Испытания проводились в одинаковых условиях. В обоих случаях использовалась окончательная версия микросхемы TPS61161. Результаты испытания четко показали уменьшение ЭМП изделия с улучшенной топологией печатной платы во всем диапазоне частот.

В импульсном преобразователе невозможно полностью избавиться от ЭМП, однако уменьшить их до приемлемого уровня посредством правильного выбора микросхемы, пассивных компонентов, а также продуманной топологии печатной платы вполне возможно.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *White LED Driver With Digital and PWM Brightness Control in 2 mm × 2 mm QFN Package for up to 10 LEDs in Series, TPS61160/61 Data Sheet*// <http://focus.ti.com/lit/ds/slvs791a/slvs791a.pdf>
2. <http://focus.ti.com/analog/docs/powerhome.tsp?familyId=64&contentType=4>
3. [www.ti.com/sc/device/TPS61161](http://www.ti.com/sc/device/TPS61161)