

# Параметризация функциональных блоков интегральных микросхем на стадии проектирования

В.И. Сединин, А.В. Глухов, Л.Ю. Рогулин

В работе решается задача оценки качества и параметризации блоков интегральной микросхемы в процессе её проектирования. На практическом примере рассмотрен процесс автоматизированного проектирования специализированного драйвера для светодиодной техники. Показано, что рациональное сочетание математического и имитационного моделирования позволит максимально достоверно оценить технико-экономические характеристики и надёжность микросхем для сохранения высокого процента выхода годной продукции при уменьшении топологических размеров и повышении сложности изделий, а также сократить время на запуск в производство посредством предварительной оптимизации топологии.

*Ключевые слова:* автоматизированное проектирование, параметризация блоков, показатели качества, имитационное моделирование.

## 1. Введение

В процессе проектирования интегральных микросхем (ИМС) перед разработчиками возникает задача оценки качества функционирования и параметризации отдельных функциональных блоков ИМС. Существующие пакеты программ, используемые в системах автоматизированного проектирования (САПР), позволяют создавать имитационные модели для проведения многогранного анализа их характеристик [1 – 6]. Однако эти средства не являются штатными и для их реализации требуется разработка целого ряда схем, устройств и программных сценариев для успешного проектирования.

Сложность решения задач подготовки производства ИМС заключается в увеличении плотности компоновки элементов на кристалле. При этом возрастает влияние внутрисистемных помех за счёт ёмкостных связей, сопротивлений шин питания и индуктивностей проводов на физические процессы в ИМС. Итерационные процессы проектирования, связанные с варьированием электрических характеристик компонентов ИМС на схемотехническом уровне и с анализом проектных решений на заключительном этапе верификации с учётом названных эффектов, значительно увеличивают время проектирования и, следовательно, стоимость изделий. Возникает необходимость в интеграции системного, логического, схемотехнического и топологического уровней, которая позволит существенно сократить временные и финансовые затраты на разработку большинства ИМС, повышая точность расчётов и сокращая объём экспериментальных исследований. Продуктивное использование современного прикладного программного обеспечения позволяет быстро и адекватно моделировать физические процессы, протекающие в ИМС, оптимизировать, в том числе, и схемотехнические решения, проверять их работоспособность при внешних воздействиях и вариациях топологических параметров на ранних этапах проектирования. Процесс проектирования ИМС является многоуровневым, и каждый уровень требует своего математического аппарата для моделирования и анализа. Эти функции обеспечиваются соответствующими программными продуктами, такими как OrCAD,

MATLAB, TCAD и т.д. Однако при использовании названных программных средств возникают проблемы, связанные с отсутствием достоверных SPICE-моделей отечественных полупроводниковых приборов и с ограниченностью средств тестирования полученных ИМС при деструктивных воздействиях. Для решения этих проблем необходима разработка моделей отечественных полупроводниковых компонентов, имитационных моделей для исследования динамических характеристик ИМС при вариации параметров МОП-транзисторов, включая топологию и подготовку производства ИМС. Это позволит снизить временные и экономические затраты и обеспечит высокое качество разработки.

## 2. Постановка задачи

Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года №261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» провозглашает постепенный переход на энергосберегающие технологии, внедряя сокращение оборота электрических ламп накаливания. Так, с 1 января 2014 должна быть прекращена продажа ламп накаливания мощностью более 25 ватт. В связи с этим будет происходить замена ламп накаливания на светодиодные осветители, минуя стадию компактных люминесцентных ламп. Но светодиодное освещение требует применения специализированных драйверов. Это могут быть драйверы, которые работают от сети 220В/50Гц или сети постоянного тока. Главная задача светодиодного драйвера – обеспечить на выходе постоянный стабильный ток, независимо от изменения питающего напряжения и количества светодиодов.

Устройство управления светодиодами должно иметь расширенный диапазон входного напряжения и точность стабилизации выходного тока не хуже  $\pm 3\%$  для применения в системах бытового освещения, промышленного применения и обладать следующими характеристиками: диапазон питающего напряжения постоянного тока от 8 В до 60 В; внутреннее регулируемое напряжение – 5.25 В; выходной ток – 750мА; время нарастания и спада фронта на выходе при  $C_L=500$  пФ не более 50нс; сопротивление открытого выходного ключа – 0.8 Ом.

Для выбора принципиальной схемы разрабатываемого устройства светотехники проведён обзор существующих решений драйверов с управлением по пиковому и по среднему значениям тока [7 – 10]. Управление по пиковому току, являясь наиболее экономичным и простым способом управления током светодиодной нагрузки, в то же время не всегда обеспечивает желаемую степень стабильности тока при изменении входного напряжения. В работе рассматривается автоматизированная разработка принципиальной схемы драйвера светодиодов с регулированием по среднему значению тока методом широтно-импульсной модуляции с точностью стабилизации не хуже 3%.

## 3. Параметризация блоков интегральной микросхемы драйвера светодиодов

В данной работе предлагается сценарно-управляемая технология параметризации функциональных блоков ИМС на примере драйвера светодиодов. При этом используется пакет OrCAD для моделирования динамических режимов и параметризации блоков драйвера. После моделирования и отладки схем отдельных блоков разработана полная принципиальная схема в соответствии с утверждёнными правилами проектирования, проведено её комплексное исследование и тестирование. Использование базовых моделей в разработке позволяет учесть не только электрические, но и тепловые режимы работы, что обеспечит надёжное функционирование готовой ИМС. Для реализации такого подхода к проектированию разработан программный блок, написанный на языке Си, который задаёт маршрут и отвечает за подключение функциональных элементов при проведении анализа, что существенно со-

кращает временные затраты на создание общей схемы. Перед началом параметризации сценарий, управляющий тестовой схемой, настраивает рабочую среду системы, подключая необходимую библиотеку, и задаёт начальные значения параметров. При подключении библиотеки МОП-транзисторов выполняется минимизация целевой функции (1)

$$F_T(V_{TO}, L, W, M) \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $V_{TO}$  – пороговое напряжение,  $L(W)$  – длина (ширина) канала,  $M$  – коэффициент лавинного умножения  $p$ - $n$ -затворов. Параметры целевой функции (1) зависят от конфигурации транзистора.

Поиск локальных экстремумов целевой функции ИМС драйвера при заданных граничных условиях ( $D_j$ ) производится в соответствии с выражением:

$$F_T = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{m_1} F_T^1 + \sum_{i=1}^{n_2} \sum_{j=1}^{m_2} F_T^2 + \dots + \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{m_k} F_T^k, \quad (2)$$

где  $n_k$  – число транзисторов  $k$ -ого узла ИМС;  $m_k$  – количество конфигураций транзистора для  $k$ -го узла;  $k$  – число узлов;  $F_T^k$  – составляющие целевой функции (1).

При параметризации функциональных узлов драйвера выполняется минимизация целевой функции (3):

$$F(I_{ПОТ}, \eta^{-1}, U_{mk}, \lambda, T_{СЛ}^{-1}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

которая включает критерии оценки качества преобразования электрической энергии (потребляемый ток  $I_{ПОТ}$ , коэффициент полезного действия  $\eta$ , действующее значение напряжения пульсаций гармонических составляющих  $U_{mk}$ ) и надёжности (интенсивность отказов  $\lambda$ , срок службы  $T_{СЛ}$ ). Поиск локальных экстремумов целевой функции (3) при заданных граничных условиях ( $D_j$ ) производится следующим образом:

$$F = \sum_{i=1}^{n_1} \sum_{j=1}^{m_1} F^1 + \sum_{i=1}^{n_2} \sum_{j=1}^{m_2} F^2 + \dots + \sum_{i=1}^{n_k} \sum_{j=1}^{m_k} F^k, \quad (4)$$

где  $n_k$  – число узлов  $k$ -ого варианта структуры ИМС драйвера светодиодов;  $m_k$  – количество структур для  $k$ -го узла;  $F^k$  – составляющие целевой функции (1).

Рассчитываются характеристики проектируемой ИМС драйвера. Сценарий программы предусматривает изменение пути прохождения сигнала в схеме для каждой последующей итерации и изменение параметров исследуемого преобразователя или отдельных элементов схемы. По полученным результатам автоматически строятся графические зависимости, где отмечаются характерные точки, что позволяет повысить информативность анализа. Разработанный алгоритм позволяет всесторонне исследовать отдельные устройства. При этом процесс оптимизации занимает относительно небольшое время, что существенно сокращает общие временные затраты на проектирование. Это позволяет работать с любыми другими аналоговыми блоками после соответствующего изменения сценария.

Для выполнения параметризации функциональных узлов ИМС драйвера светодиодов по выражению (3) потребовалась разработка имитационных моделей в среде OrCAD.

Выбор оптимальных моделей транзисторов проводился в соответствии с рис. 1 по вольт-амперным характеристикам (ВАХ) КМОП-структур с разными геометрическими размерами (ширина канала  $W$ , длина канала  $L$ ).

Модель  $n$ -канального МОП-транзистора:

.MODEL KN NMOS LEVEL=2 TPG=0 XJ=0.6U LD=0.57U WD=-0.57U  
+VTO=1.2 TOX=60n UO=460 NSUB=25E+15 CJ=0.0009

+GAMMA=0.9.

Модель р-канального МОП-транзистора:

.MODEL KP PMOS LEVEL=2 TPG=0 XJ=0.6U LD=0.57U WD=-0.57U

+VTO= -1.2 TOX=60n NSUB=1.1E+15 UO=160 CJ=3.1E-4

+GAMMA=0.27 PHI=0.65.

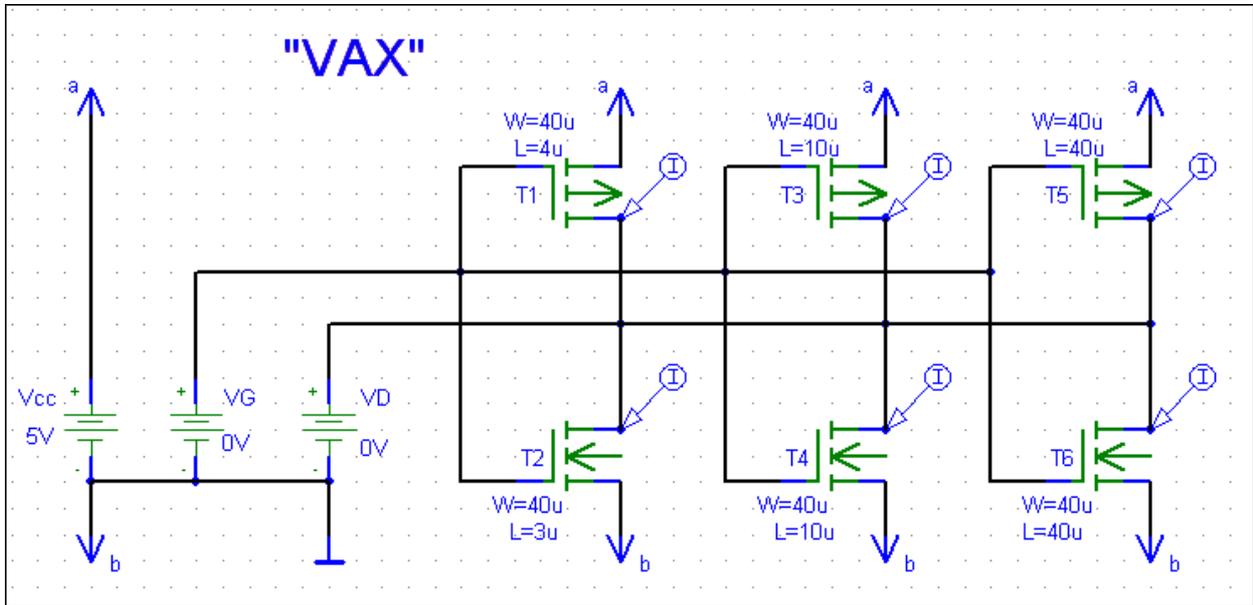


Рис. 1. Схема моделирования КМОП-структуры в OrCAD

Семейства ВАХ различных моделей приведены на рис. 2, где для наглядности ВАХ пересчитаны с учётом коэффициентов, соответствующих отношению реальных геометрических размеров каналов транзисторов. Измерения проводились при напряжениях на затворе  $V_G=1 - 5$  В для транзисторов T2, T4 и T6 и аналогично для T1, T3 и T5, имеющих линейную конфигурацию затвора.

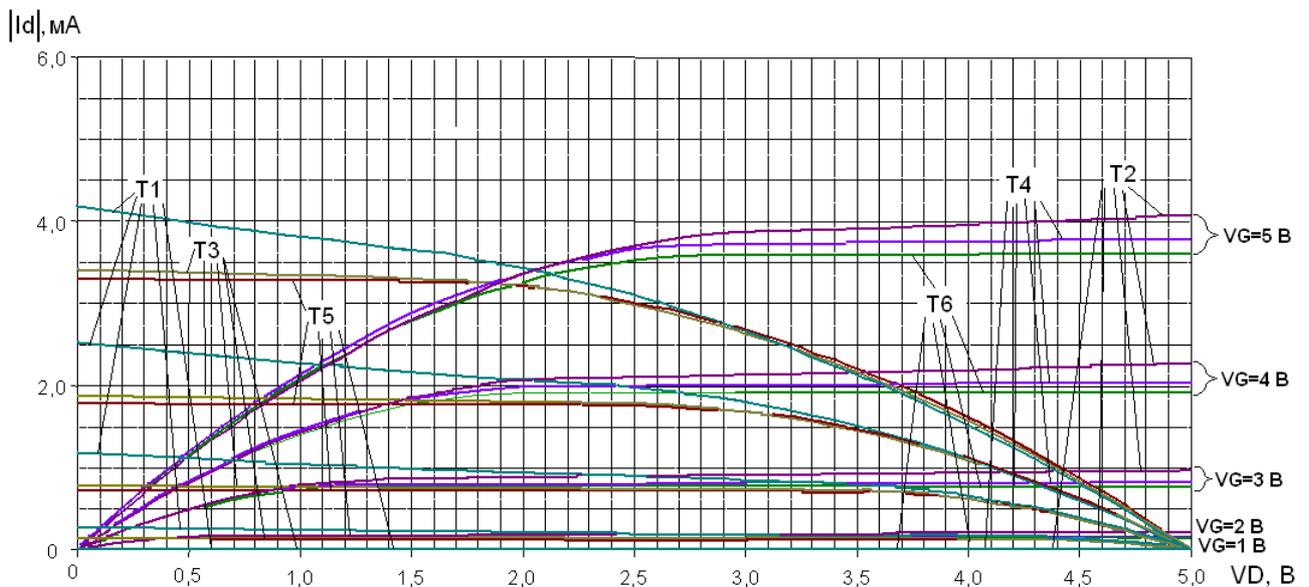


Рис. 2. ВАХ *p*- и *n*-канальных МОП-транзисторов

Варьирование геометрических размеров транзисторов определялось топологией с учётом специфики технологического процесса производства. С этой целью была разработана то-

пология кристалла модуля, разбитая по функциональному назначению измеряемых структур на автономные тестовые единицы. В состав тестируемых n-канальных транзисторов, например, входят:

- базовый кольцевой рабочий транзистор  $W=40$  мкм,  $L=3$  мкм;
- кольцевой транзистор  $W=40$  мкм,  $L=3$  мкм с минимальной площадью паразитной ёмкости затвора;
- кольцевой транзистор  $W=34.3$  мкм,  $L=3$  мкм с минимальной площадью при минимальной ширине транзистора, ограниченной правилами проектирования и минимальной топологической длиной канала;
- кольцевой транзистор  $W=65.8$  мкм,  $L=10$  мкм;
- транзистор с линейной конфигурацией затвора  $W=40$  мкм,  $L=3$  мкм, изготовленный по базовой кольцевой технологии;
- транзистор с линейной конфигурацией затвора  $W=40$  мкм,  $L=4$  мкм, изготовленный по базовой кольцевой технологии (также при  $L=5, 10, 40$  мкм);
- длинноканальный транзистор с линейной конфигурацией затвора  $W=10$  мкм,  $L=1000$  мкм, изготовленный по базовой кольцевой технологии;
- длинноканальный транзистор с конфигурацией затвора «Зигзаг»  $W=10$  мкм,  $L=1000$  мкм, изготовленный по базовой кольцевой технологии, вариант 1;
- длинноканальный транзистор с конфигурацией затвора «Зигзаг»  $W=10$  мкм,  $L=1000$  мкм, изготовленный по базовой кольцевой технологии, вариант 2;
- транзистор с линейной конфигурацией затвора  $W=10$  мкм,  $L=10$  мкм, изготовленный по базовой кольцевой технологии (также при  $L=40, 100$  мкм);
- длинноканальный транзистор с линейной конфигурацией затвора  $W=5$  мкм,  $L=100$  мкм, изготовленный по базовой кольцевой технологии, вариант 3;
- длинноканальный транзистор с линейной конфигурацией затвора  $W=5$  мкм,  $L=100$  мкм, изготовленный по базовой кольцевой технологии (конструктивно-топологический вариант 4);
- минимальный кольцевой транзистор  $W=64.2$  мкм,  $L=9$  мкм при отсутствии паразитной ёмкости затвора (также при  $W=5.40$  мкм и  $L=6, 10, 15, 40$  мкм);
- паразитный транзистор  $W=40$  мкм,  $L=6$  мкм по межслойному изолирующему оксиду с алюминиевым затвором без охранной диффузии с перекрытием условных стоков-истоков паразитным затвором;
- паразитный транзистор  $W=40$  мкм,  $L=20$  мкм по полемому оксиду с поликремниевым затвором без охранной диффузии с перекрытием условных стоков-истоков паразитным затвором;
- паразитный транзистор  $W=40$  мкм,  $L=20$  мкм по полемому оксиду с поликремниевым затвором без охранной диффузии с перекрытием условных стоков-истоков паразитным затвором и удалённым контактом к условным стокам-истокам;
- паразитный транзистор  $W=40$  мкм,  $L=6$  мкм по полемому оксиду с поликремниевым затвором без охранной диффузии с перекрытием условных стоков-истоков паразитным затвором (также при  $L=3$  и  $13$  мкм).

Расчёт ширины каналов транзисторов p- и n-канальных транзисторов выполняется по формуле:  $W=S_G/L$ , где  $S_G$  – топологическая площадь затвора с указанной длиной канала  $L$ .

#### 4. Пример практической реализации ИМС

Для подтверждения эффективности предложенного метода параметризации и структурно-параметрической оптимизации выполнено автоматизированное схемотехническое проектирование ИМС драйвера светодиодов. В процессе структурно-параметрической оптимизации драйвера проводилась минимизация целевой функции (1) по выражению (2)

и минимизация целевой функции (3) в соответствие с (4). Результаты представляются в виде трёхмерных гистограмм для относительных значений целевых функций. На рис. 3 приведена гистограмма для драйвера, где к рассмотрению приняты 12 вариантов структур, полученных в результате поиска локальных экстремумов по целевым функциям отдельных блоков драйвера.

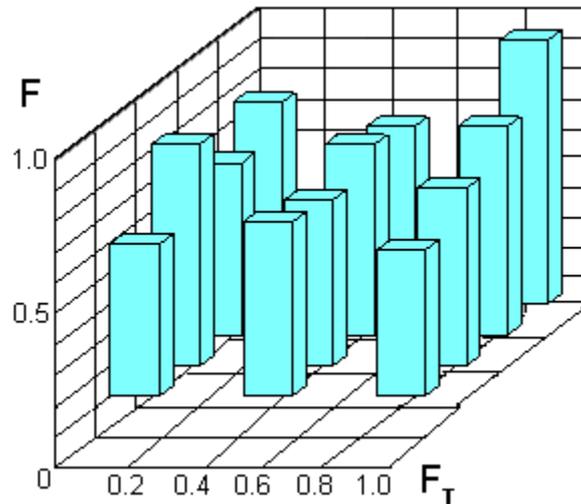


Рис. 3. Гистограмма поиска глобального экстремума

Оценка критериев целевых функций проводилась во всём рабочем диапазоне мощностей с учётом отклонений входного напряжения для всех отобранных решений ИМС. В результате поиска глобального экстремума получен оптимум. На рис. 4 приведена схема внешних подключений в OrCAD, а на рис. 5 – принципиальная схема синтезированного драйвера.

### Схема внешних подключений драйвера

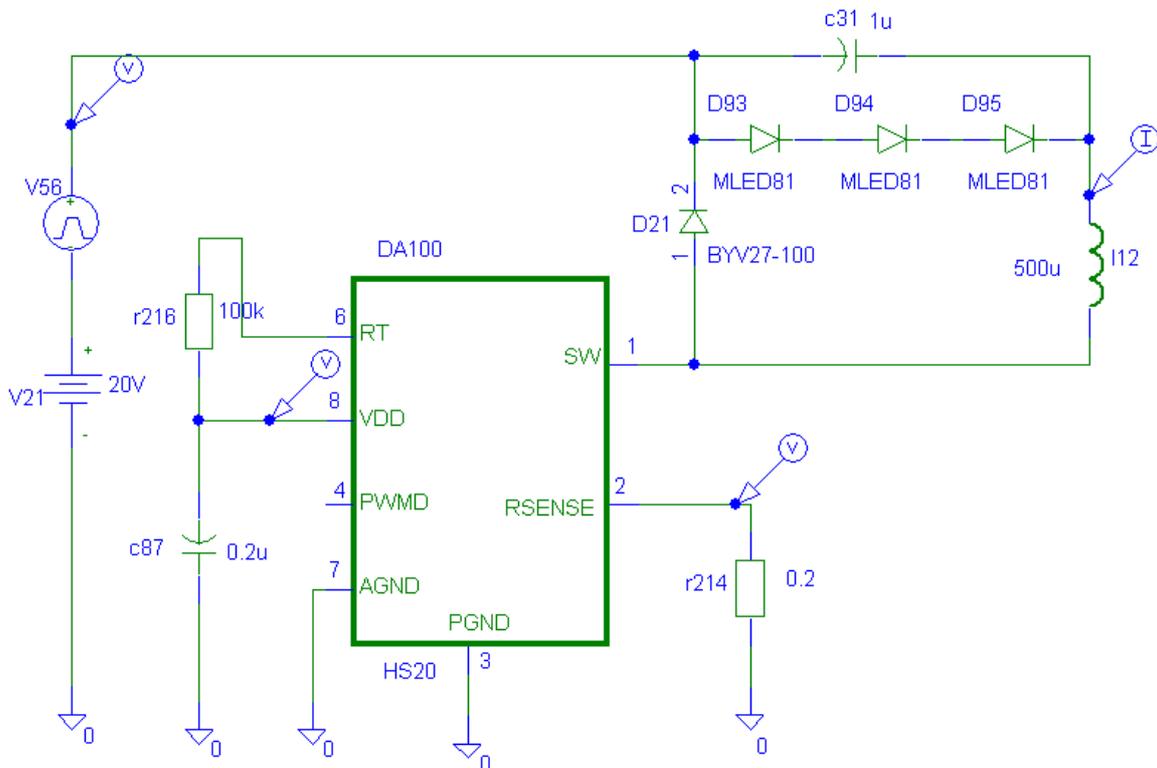


Рис. 4. Схема внешних подключений в OrCAD



Драйвер является оригинальной разработкой с параметрами, близкими к ИМС HV9967. Отличительными особенностями микросхемы является следующее:

- управление током в цепи светодиодов осуществляется по среднему значению, а не по пиковому току катушки индуктивности, что позволяет значительно повысить точность стабилизации тока, линейность характеристик и повторяемость источников тока для светодиодов;
- применение катушек с более низким значением индуктивности (100 – 500 мкГн);
- обеспечение точности стабилизации выходного тока светодиода не хуже  $\pm 3\%$ ;
- возможность установки выходного тока внешним делителем, подключённым к внутреннему опорному напряжению.

Драйвер выполняет свои функции и сохраняет значения параметров в допустимых пределах, установленных техническим заданием во время и после воздействия специальных факторов. На рис. 6 приведены временные зависимости импульсного (1) и среднего (2) тока в светодиодах, снимаемого с шунта r214 (рис. 4). Точка контроля напряжения, пропорционального току, расположена между входом микросхемы RSENSE и резистором r155 (рис. 5), величина среднего значения тока около 150 мА.

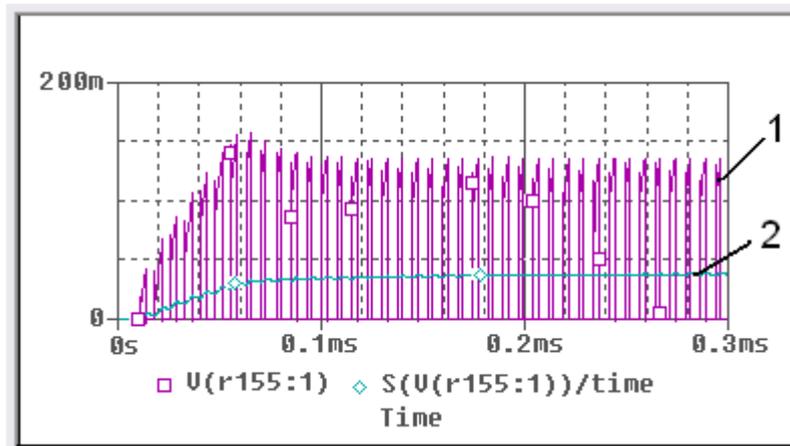


Рис. 6. Форма тока светодиодов при включении драйвера

Рекомендуется подбирать величину индуктивности  $l12$  (рис. 4) при конкретном применении драйвера, так как от её величины зависит амплитуда пульсаций тока светодиодов. Для расчёта требуемого значения индуктивности воспользуемся известным соотношением [11]. Тогда с учётом линейного закона тока через индуктивность (рис. 7), напряжение на светодиодах D93 – D95 (рис. 4) при закрытом транзисторе t1 (рис. 5) принимает вид [12]:

$$U_{LVD} = l12 \frac{dI_{LVD}}{dt_{OFF}}. \quad (5)$$

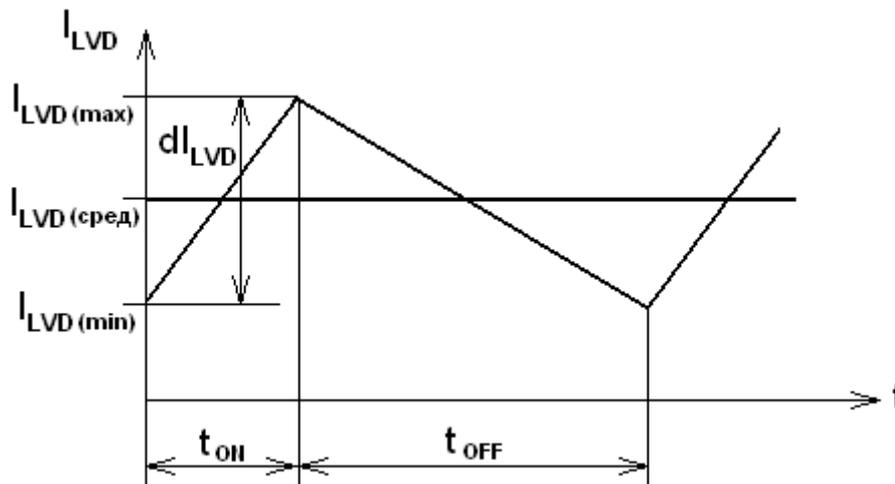


Рис. 7. Форма тока, протекающего через индуктивность

Время выключенного состояния транзистора  $t1=(1-\gamma)/f$ , где  $f$  – частота ШИМ-сигнала,  $\gamma$  – коэффициент заполнения импульсов, который равен:

$$\gamma = \frac{U_{LVD}}{U_{IN}} \cdot \frac{1}{\eta}, \quad (6)$$

где  $\eta$  – коэффициент полезного действия силовой цепи драйвера;  $U_{IN}$  – входное напряжение (V21 на рис. 4).

Тогда индуктивность рассчитывают по формуле:

$$L2 = \frac{U_{LVD} \cdot \left(1 - \frac{U_{LVD}}{U_{IN}} \cdot \frac{1}{\eta}\right)}{f \cdot dI_{LVD}}, \quad (7)$$

где  $U_{LVD}$  – напряжение на прямосмещённом переходе светодиода, зависящее от числа последовательно включённых элементов;  
 $dI_{LVD}$  – допустимая величина пульсации тока в цепи светодиодов.

## 5. Оценка показателей технологичности

Современное производство должно осваивать серийное изготовление ИМС в минимальные сроки при соответствующем качестве изделий и минимальных затратах. Технологичность – свойство производства выполнять поставленные перед ним задачи с наибольшим качеством и минимальными затратами средств и времени. Высокой технологичностью обладают только производства, которые используют САПР. Обобщённый уровень технологичности производственной системы оценивается по формуле:

$$T = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i}, \quad (8)$$

где  $T$  – численное значение уровня технологичности производственной системы за определённый период;

$K_i$  – относительное значение отдельного показателя технологичности;

$n$  – количество показателей.

Высокий уровень технологичности соответствует гармоничному сочетанию всех показателей, что соответствует применению прогрессивных технологий на всех этапах производства. Обеспечение технологичности изделий осуществляется в соответствии с [13] и заключается в:

- совершенствовании конструкции изделия в процессе его разработки;
- совершенствовании условий выполнения производственных операций при изготовлении, эксплуатации и ремонте изделия;
- технологическом контроле конструкторской документации и внесении изменений в неё.

При анализе изделия на технологичность учитываются:

- тип изделия;
- степень новизны;
- сложность;
- условия изготовления, технического обслуживания и ремонта;
- объём выпускаемых изделий;
- новизна методов и процент использования прогрессивных технологий изготовления;
- оптимальность условий производства и рациональность выбора;
- загрузка технологического оборудования и оснастки;
- связь достигнутых показателей технологичности с другими качественными показателями изделия.

Количественная оценка технологичности проводится на основе базовых показателей, которые определены для каждого класса ИМС.

Для ИМС-драйвера были выбраны и рассчитаны следующие показатели [14]:

- коэффициент применяемости технологических операций ( $K_T$ ):

$$K_T = \frac{T - T_O}{T} = \frac{78 - 2}{78} \times 100 = 97.4\%, \quad (9)$$

где  $T$  – общее число технологических операций;

$T_O$  – количество оригинальных технологических операций;

- коэффициент применяемости конструкции ( $K_{ПР}$ ):

$$K_{ПР} = \frac{n - n_O}{n} = \frac{3 - 1}{3} \times 100 = 67\%, \quad (10)$$

где  $n$  – общее количество типоразмеров составных частей в изделии;

$n_O$  – количество типоразмеров оригинальных составных частей в изделии;

- коэффициент контролепригодности:

$$K_{ТК} = \frac{T_K}{T_{И}} = \frac{82.4}{484.4} \times 100 = 17\%, \quad (11)$$

где  $T_K$  – трудоёмкость контрольных операций;

$T_{И}$  – трудоёмкость изготовления изделия.

Основным показателем, используемым для оценки конструкции драйвера, является комплексный показатель технологичности  $K$ , определяемый на основании базовых конструкторских и технологических показателей по формуле:

$$K = \frac{\sum_{i=1}^S K_i \varphi_i}{\sum_{j=1}^S \varphi_j}, \quad (12)$$

где:  $K_i$  – значение коэффициента, являющегося базовым показателем;

$\varphi_i$  – весовой коэффициент, соответствующий показателю  $K_i$ .

Согласно выражению (10) и значениям весовых коэффициентов [14] найден комплексный показатель технологичности  $K=0.58$ , что является удовлетворительным как для опытного образца (норма 0.3 – 0.6), так и для серийного производства (0.5 – 0.75).

## 6. Выводы

Таким образом, посредством применения предложенного метода параметризации решена задача поэтапного структурно-параметрического синтеза, проведена оптимизация параметров элементов и отдельных блоков ИМС драйвера светодиодов, что подтверждает корректность разработанного способа автоматизированного проектирования с использованием пакета OrCAD. Получена оптимальная структура, удовлетворяющая всем требованиям по техническим показателям качества для управления устройствами светотехники при минимальных затратах. Разработанный алгоритм позволяет достичь наилучших показателей надёжности, а также снизить временные затраты на проведение трудоёмких расчётов.

Исследования показали, что ограничение максимального значения коэффициента заполнения на уровне 0.5 обеспечивает плавное нарастание тока при включении драйвера. Это, в свою очередь, снижает уровень перенапряжений и бросков тока, уменьшает время переходных процессов, что исключает необходимость использования ограничителей, приводит к повышению надёжности и результирующего КПД. Предлагаемое устройство управления светодиодами имеет высокое быстродействие, так как время срабатывания цифровых устройств исчисляется единицами наносекунд. Драйвер выполняет свои функции и сохраняет значения параметров в допустимых пределах во время и после воздействия специальных факторов. Анализ физических процессов в динамических режимах при деструктивных воздействиях, проведённый посредством имитационного моделирования, соответствует современной методологии автоматизированного проектирования электронных устройств и оптимизации на этапах проектирования, что повышает их надёжность и помехоустойчивость.

## Литература

1. *Сабунин А.* Altium Designer: преимущества и недостатки организации библиотеки в виде базы данных // Современная электроника. 2012. № 8. С.2-5.
2. *Дьяконов В.* VisSim+Mathcad+MATLAB. Визуальное математическое моделирование. Солон-пресс, 2009. 384 с.
3. *Макаренко В.* Моделирование DC/DC-преобразователей в NI Multisim // ЭКЭС – Киев: VD MAIS. 2011. № 11. С. 38-44.
4. *Герман-Галкин С. Г.* Школа MATLAB. Виртуальные лаборатории устройств силовой электроники в среде MATLAB-Simulink. Урок 11. Виртуальные лаборатории импульсных источников питания // Силовая электроника. 2010. № 1. С.62-67.
5. *Болотовский Ю.И.* OrCAD Моделирование. – "Поваренная" книга. М.: СОЛОН-Пресс, 2009. 254с.
6. *Иванов А.* Среда проектирования компании Cadence. Общий обзор // ЭЛЕКТРОНИКА: Наука, Технология, Бизнес5. 2003. С. 28-30.
7. *Миронов С.* Интегральные драйверы для светодиодного освещения. Часть I: AC/DC-драйверы // Новости электроники. 2010. №10. С. 3-7.
8. *Медник А.* Взаимозаменяемость и функциональные различия между импульсными драйверами светодиодов HV9910B и HV9961 производства Syperstes Inc. // Полупроводниковая светотехника. 2009. №1. С.26-29.

9. *Петропавловский Ю.* Новые драйверы светодиодов и светодиодных дисплеев фирмы Holtek Semiconductor // Полупроводниковая светотехника. 2011. № 3. С.20-26.
10. *Волович Г.И.* Драйверы силовых ключей // Современная электроника. 2007. № 8. С.32-41.
11. *Демирчян К.* Теоретические основы электротехники // Издательство: Питер, 2009. 432 с.
12. *Сурайкин А.И.* Устройство питания для светодиодных ламп // Электроника и информационные технологии. 2011. № 2. С. 11-22.
13. ГОСТ 14.201–83. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования. М.: Госстандарт, 1983. 11. с.
14. *Билибин К.И.* Конструкторско-технологическое проектирование электронной аппаратуры: Учебник для вузов; Под общ. ред. В.А. Шахнова. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. 528 с.

*Статья поступила в редакцию 27.03.2014;  
переработанный вариант — 30.06.2014*

#### **Сединин Валерий Иванович**

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой систем автоматизированного проектирования (САПР) Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), e-mail: sedvi@bk.ru

#### **Глухов Александр Викторович**

к.т.н., доцент кафедры систем автоматизированного проектирования (САПР) Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), начальник Особого конструкторского бюро НЗПП, г. Новосибирск, e-mail: gluhov@nzpp.ru

**Рогулин Леонид Юрьевич**, аспирант, инженер кафедры радиотехнических устройств (РТУ) Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики (СибГУТИ), г. Новосибирск, e-mail: Rogulinleonid@gmail.com

### **Functional blocks parameterization of integrated circuits at the design stage**

**V. Sedinin, A. Gluhov, L. Rogulin**

In this paper, the problem of quality evaluation and integrated circuit blocks parameterization in the process of designing is solved. A practical example of the automated design process of specialized driver for LED technology is considered. It is shown that the rational combination of mathematical modeling and simulation allow to estimate reliably the maximum engineering and economical performance and reliability of chips to maintain a high percentage of usable output while reducing the size and increasing topological complexity of products and also reduce the time of production startup via preliminary topology optimization.

*Keywords:* computer-aided design, parameterization, quality indicators, simulation.