УДК 621.3.072

Александр Иванович Сурайкин

**(**ФГБОУ ВО «НИ МГУ им. Н. П. Огарёва», кафедра электроники и наноэлектроники, доцент, кандидат технических наук, (Россия, г. Саранск), E-mail: [suraykin@mail.ru](mailto:suraykin@mail.ru)).

Alexander Iv. Suraykin

(National Research Mordovia State University, division of electronic and nanoelectronic, assistant professor, PhD, (Russia, Saransk City), E-mail: [suraykin@mail.ru](mailto:suraykin@mail.ru)).

Максим Сергеевич Лабутин

(ФГБОУ ВО «НИ МГУ им. Н. П. Огарёва», кафедра электроники и наноэлектроники, магистрант первого года обучения направления подготовки «Электроника и наноэлектроника», (Россия, г. Саранск), E-mail: [labutin99-m@mail.ru](mailto:labutin99-m@mail.ru)).

Maxim S. Labutin

(National Research Mordovia State University, division of electronic and nanoelectronic, undergraduate of first year studies «Electronic and nanoelectronic» direction of training, (Russia, Saransk City), E-mail: [labutin99-m@mail.ru](mailto:labutin99-m@mail.ru)).

Андрей Дмитриевич Кудряшов

(ФГБОУ ВО «НИ МГУ им. Н. П. Огарёва», кафедра электроники и наноэлектроники, магистрант первого года обучения направления подготовки «Электроника и наноэлектроника», (Россия, г. Саранск), E-mail: [and\_kud@mail.ru](mailto:and_kud@mail.ru)).

Andrey Dm. Kudryashov

(National Research Mordovia State University, division of electronic and nanoelectronic, undergraduate of first year studies «Electronic and nanoelectronic» direction of training, (Russia, Saransk City),

E-mail: [and\_kud@mail.ru](mailto:and_kud@mail.ru)).

Алексей Александрович Сурайкин

(ФГБОУ ВО «НИ МГУ им. Н. П. Огарёва», кафедра электроники и наноэлектроники, магистрант первого года обучения направления подготовки «Электроника и наноэлектроника», (Россия, г. Саранск), E-mail: [mister.suraykin@mail.ru](mailto:mister.suraykin@mail.ru)).

Alexey Al. Suraykin

(National Research Mordovia State University, division of electronic and nanoelectronic, undergraduate of first year studies «Electronic and nanoelectronic» direction of training, (Russia, Saransk City),

E-mail: [mister.suraykin@mail.ru](mailto:mister.suraykin@mail.ru)).

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ СВЕТОДИОДОВ С ДВУМЯ ТОКОВЫМИ КЛЮЧАМИ**

**COMPUTER SIMULATION OF POWER SUPPLY FOR LIGHT EMITTING DIODES WITH TWO CURRENT’S SOURCES**

*Аннотация. Приводятся результаты разработки импульсного источника питания светодиодов с применением токовых ключей. Предлагается схемотехническое решение на основе ШИМ-контроллера с двумя внешними транзисторными ключами. Представлены результаты компьютерного имитационного моделирования источника питания в САПР TINA-TI на основе разработанной макромодели микросхемы ШИМ-контроллера.*

*Abstract. The article provides results of engineering design of switching power supply for light-emitting diodes with application current’s sources. Propose a schematic design on base PWM-controller with two transistor keys. Represented results of computer imitation design of power supply at CAD TINA-TI on base of engineering design spice macros IC of PWM-controller.*

*Ключевые слова: импульсный источник питания, токовый ключ, широтно-импульсная модуляция, имитационное моделирование, макромодель.*

*Keywords: switching power supply, current key, pulse width modulation, imitation simulation, spice macros*

При разработке источников (ИП) для светодиодного освещения, необходимо учитывать определённую специфику. Кроме, собственно импульсного режима работы ИП, необходимо учитывать особенности сферы их применения. [1].

Имеется ряд критериев, необходимых почти во всех применениях:

* невысокая стоимость источника питания при серийном производстве;
* высокая электрическая эффективность (потери в драйвере приведут к увеличению размеров устройства и снизят экономичность светильника);
* надежность (в большинстве случаев светодиодная техника позиционируется как необслуживаемая);
* корректор коэффициента мощности (ККМ) (в соответствии с действующими стандартами).

Классические или традиционные импульсные ИП работающие по push-pull алгоритму имеют ряд недостатков: большие динамические потери на высоких частотах работы, и как следствие, необходимость наличия больших радиаторов для охлаждения силовых транзисторов, большие габариты, сравнительно малый КПД [2].

Силовые транзисторы в подобных ИП работают в режиме жесткого переключения, при этом из-за наличия паразитных емкостей, вызывающих инерционность в работе, происходит накопление заряда, и фаза тока начинает сдвигаться относительно фазы напряжения. Транзисторы начинают разогреваться с появлением ряда существенных недостатков.

Одним из способов избежать этого, является применение не нового, но перспективного решения – резонансного алгоритма работы, и построенные на его основе резонансные и квазирезонансные импульсные преобразователи. Главное их преимущество – это «мягкое» переключение силовых транзисторов [3]. При всех достоинствах вышеприведённой схемы, следует отметить её некоторые недостатки:

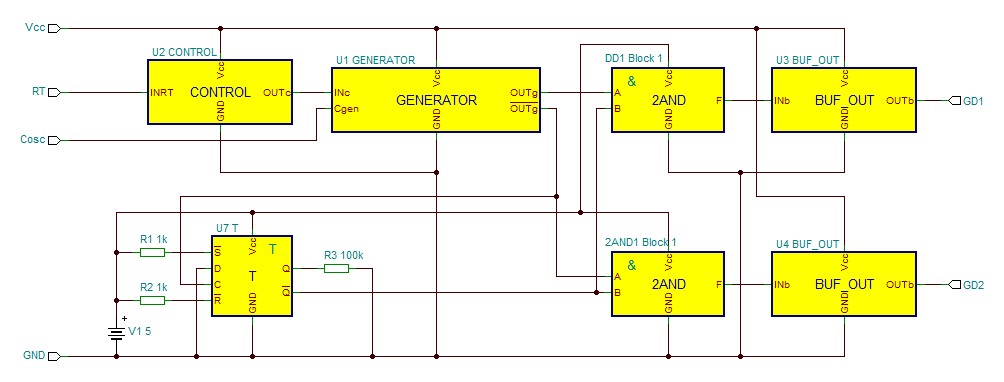
- применение двух трансформаторов;

- сложность и трудоёмкость настройки.

В процессе исследования различных вариантов схем импульсных ИП на основе микросхемы TPS92020, было установлено, что микросхема TPS92020 позволяет реализовывать более простые схемы импульсных ИП [4]. Без применения трансформаторов с двумя источниками тока.

Поскольку такое схемотехническое решение и, соответственно, информация по применению микросхемы TPS92020 не представлены в технической информации компании Texas Instruments, необходимо проведение специального расчёта с применением компьютерного имитационного моделирования ИП на основе макромодели микросхемы TPS92020. Однако на сайте производителя (Texas Instruments) отсутствует какая-либо информация по SPICE-макромоделям микросхемы TPS92020.

В связи с вышесказанным была выполнена разработка SPICE-макромодели микросхемы TPS92020 для применения в составе САПР TINA-TI [5]. Применение указанной САПР связано тем, что это свободно распространяемая некоммерческая САПР с хорошо отлаженными вычислительными алгоритмами для импульсных устройств. Разработка SPICE-макромодели микросхемы TPS92020 выполнена на основе блочно-иерархического принципа. Структурная схема разработанной SPICE-макромодели (2-й уровень иерархии) микросхемы TPS92020 приведена на рисунке 1.



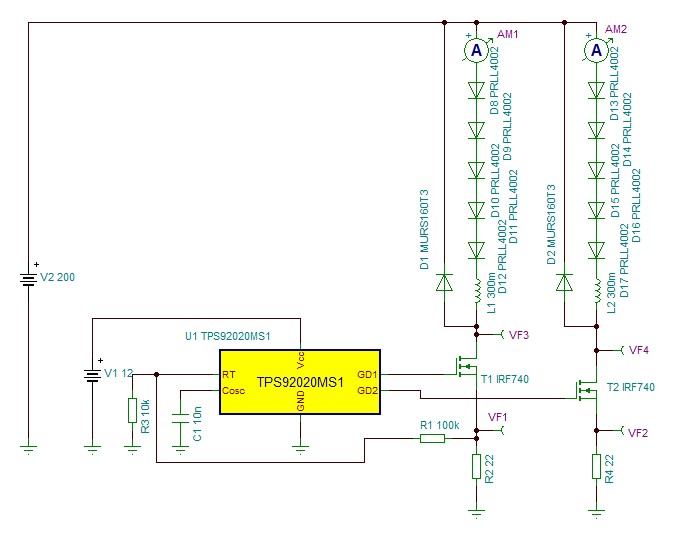
*Рисунок 1 - Структурная схема SPICE-макромодели (2-й уровень иерархии) микросхемы TPS92020*

Макромодель микросхемы TPS92020 представляет собой функциональную схему, содержащую три уровня иерархии:

- первый уровень – уровень элементов, на которых выполнены принципиальные электрические схемы функциональных узлов;

- второй уровень – функциональный уровень, представляющий собой фактически функциональную схему микросхемы TPS92020;

- третий уровень – уровень микросхемы как устройства («чёрного ящика») на котором можно выполнять схемы различных источников питания.

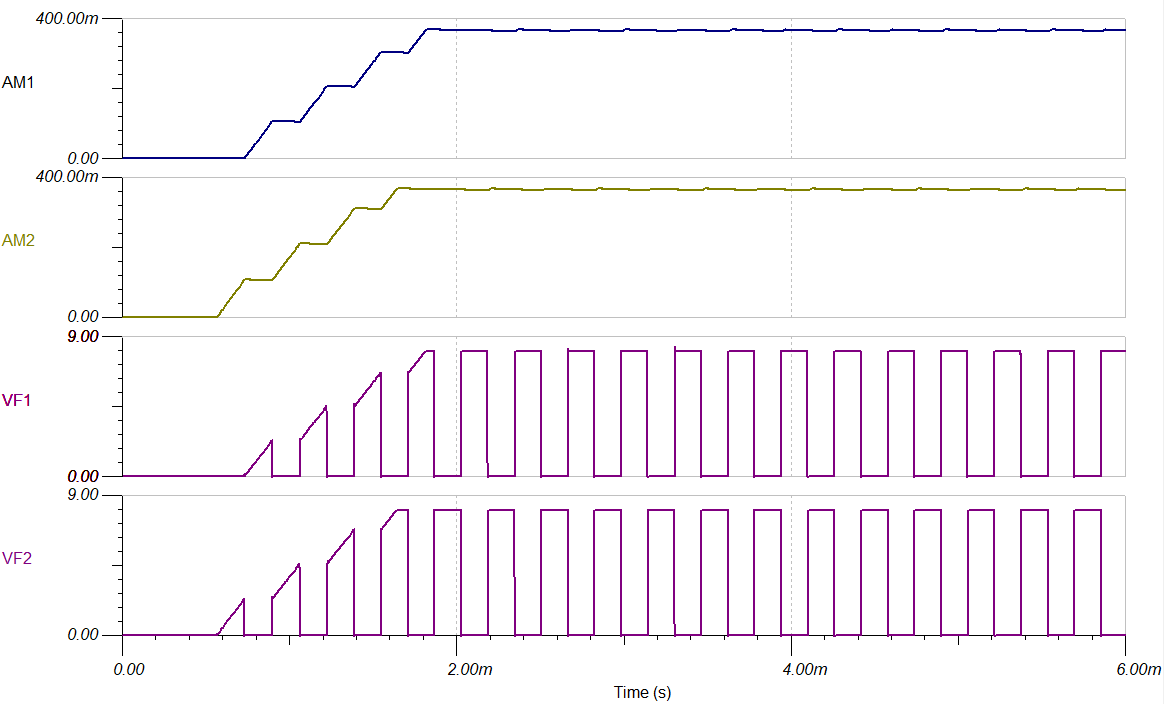


*Рисунок 2 – Имитационная модель импульсного ИП с источниками тока на основе макромодели микросхемы TPS92020*

На рисунке 2 приведена имитационная модель импульсного ИП с источниками тока на основе SPICE-макромодели микросхемы TPS92020 для анализа в САПР TINA-TI. Эта модель позволяет проводить анализ и расчёт основных режимов работы импульсного ИП с применением навесных компонентов из состава встроенных библиотек САПР TINA-TI.

На рисунке 3 приведены временные диаграммы перехода источника питания на стационарный режим. Сигналы получены в разных точках, в соответствии со схемой, приведённой на рисунке 2.

Измерители тока *AM*1, *AM*2 показывают токи светодиодов с выходом на стационарный режим.



*Рисунок 3 – Временные диаграммы работы импульсного ИП; AM1, AM2 – токи светодиодов; VF1, VF2 – сигналы на стоковых контактах транзисторов T1, T2 (источников тока)*

В точках *VF*1, *VF*2 (стоковые контакты транзисторов *T*1, *T*2) показаны импульсные противофазные рабочие сигналы источников тока (транзисторы *T*1, *T*2).

На основании SPICE-макромодели микросхемы TPS92020, приведённой на рисунках 1 и 2 можно проводить разработку (расчёт) различных вариантов схем ИП с источниками тока без гальванической развязки.

**Список литературы**

1. *Шуберт Ф.* Светодиоды / Пер. с англ. Под ред. А. Э. Юновича. – 2-е изд. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 496 с.

2. *Маниктала С.* Импульсные источники питания от A до Z: Пер. с англ. – К.: «МК-Пресс», СПб:. «КОРОНА-ВЕК», 2008. – 256 с., ил.

3. Техническая инф. по ИС TPS92020. Электронный ресурс. Режим доступа: www.ti.com/ TPS92020.

4. *Сурайкин А. И., Курынов Б. В., Сеськин М. В., Сурайкин А. А.* Высокоэффективные источники питания для светодиодного освещения // Электроника и электрооборудования транспорта, 2020, № 3, С.25-28.

5. Техническая инф. по САПР TINA-TI. Электронный ресурс. Режим доступа: www.ti.com/tool/TINA-TI.