

УДК 519.71+ 621.317

DOI: 10.30987/conferencearticle_5c19e5f6ddf2f3.93821958

А.Н. Школин, А.Ю. Дракин
(г. Брянск, Брянский государственный технический университет)

РАЗРАБОТКА ПОДХОДОВ К АВТОПОСТРОЕНИЮ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ РЕГУЛЯТОРОВ НАПРЯЖЕНИЯ

Рассматриваются вопросы, посвященные разработке алгоритмов и методики автопостроения поведенческих моделей интегральных микросхем регуляторов напряжения. Предложенное решение рассмотрено на примере класса интегральных микросхем линейных стабилизаторов напряжения.

The authors consider the issues related to the development of algorithms and methods of automatic construction of behavioral models of integrated circuits of voltage regulators. The proposed solution is considered on the example of a class of integrated circuits of linear voltage regulators.

Ключевые слова: преобразователь напряжения, поведенческое моделирование, мультидисциплинарная модель, VHDL-AMS.

Keywords: voltage converter, behavioral modeling, multidisciplinary model, VHDL-AMS.

На сегодняшний день моделирование электронных устройств является неотъемлемым этапом их разработки, так как позволяет значительно ускорить время разработки и снизить затраты посредством сокращения количества прототипов электронного изделия.

Существуют разные подходы к моделированию электронных устройств: использование метода конечных элементов при решении полевых задач, применение SPICE-моделей (в основном для моделирования на базе элементов с сосредоточенными параметрами), а также поведенческое моделирование.

Поведенческая модель воспроизводит требуемое поведение исходной анализируемой системы. При этом полагается существующим взаимно однозначное соответствие между поведением исходной физической системы и реализуемой модели [1]. Это, в свою очередь, означает, что такая модель однозначно предсказывает будущие состояния системы из данных о текущих и прошлых состояниях.

Поведенческая модель может быть реализована посредством нескольких вариантов высокоуровневых языков описания аппаратуры, таких как: VHDL (от англ. Very-High-Speed Hardware Description Language), Verilog, SystemC и др. Это, в свою очередь, дает значительное преимущество данным моделям в аспекте реализации алгоритмических возможностей поведения описываемого объекта.

Авторами использовалась версия языка VHDL-AMS [2], который позволяет описать смешанные поведенческие модели - AMS (от англ. Analog and Mixed Signal), а также сравнительно просто реализовать описание мультидисциплинарных моделей [3-7]. Таким образом, становится возможным выполнить взаимосвязанное электротепловое моделирование поведения микросхем регуляторов напряжения.

Задачей работы является проработка подходов к автопостроению поведенческих моделей на примере микросхем линейных преобразователей напряжения.

С позиции общего подхода для решения поставленной задачи можно выделить следующие этапы ее решения:

- определение входов, выходов и параметров модели;
- определение перечня возможных режимов работы;
- определение диапазонов физических воздействий для входов и выходов;
- подбор параметров модели;
- верификация модели по результатам натурального эксперимента.

На первом этапе реализации указанного подхода предлагается решение по автоматизации подбора параметров модели. На втором этапе – автоматизация процесса верификации модели. На заключительном этапе – автоматизация задачи структурной идентификации модели.

В рамках решения первой задачи авторами была выбрана микросхема MC79M05 фирмы On Semiconductor [8].

Вначале была определена структура поведенческой модели (рис.1). Для этого анализировалась SPICE-модель транзисторного уровня указанной микросхемы. По результатам анализа для идентификации параметров поведенческой модели были выбраны следующие параметры модели: выходное напряжение, минимальное падение напряжения, коэффициент сглаживания пульсаций (Power Supply Rejection Ratio, PSRR), частота среза PSRR, предельный выходной ток, температура корпуса, а также входы и выходы.

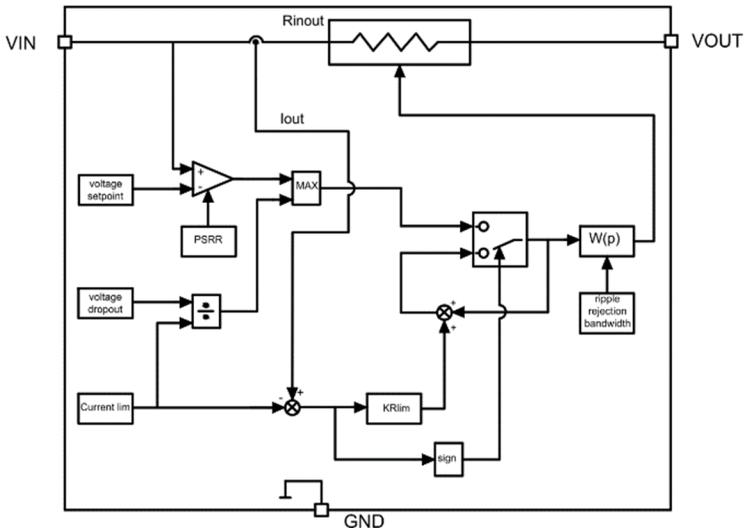


Рис. 1. Структурная схема поведенческой модели

В качестве исходных данных используется следующая информация:

- описание функционального назначения выводов микросхемы;
- перечень режимов работы преобразователя (выключенное состояние, рабочий режим стабилизации, режим экономичного токопотребления в выключенном состоянии и др.);
- диапазоны предельных электрических воздействий на выводы анализируемой микросхемы;
- диапазон предельных тепловых воздействий для конкретного типа корпуса микросхемы и внешних условий.

Ключевой начальной задачей является автоматическое определение режима работы микросхемы в зависимости от внешних воздействий. По результатам решения этой задачи происходит идентификация алгоритма и параметров, соответствующих режиму работы микросхемы.

В режиме выключенного состояния микросхемы определяются токи утечки по выводам микросхемы, которые обуславливаются величинами сопротивлений их имитирующих.

В рабочем режиме микросхемы преобразователя процесс идентификации происходит в соответствии со следующим алгоритмом.

1. Номинальное выходное напряжение стабилизации микросхемы в установке определяется путем подачи линейно нарастающего входного напряжения. При этом анализируются осциллограммы выходного напряжения с целью поиска участка с минимумом первой производной по времени.
2. Минимальное падение напряжения определяется как разница входного и выходного напряжения в начале участка, вычисленного

ранее при нахождении выходного напряжения на участке стабилизации.

3. Коэффициент подавления пульсаций (PSRR) и частота среза PSRR определяются посредством снятия частотной зависимости амплитуды пульсации на выходе микросхемы. Для этого с модуля источников-измерителей на вход микросхемы подается напряжение с фиксированной постоянной составляющей и наложенной на него пульсацией синусоидальной формы. Частота пульсаций меняется в диапазоне порядка 10Гц - 50кГц с шагом порядка 10 точек на декаду.
4. Выходной предельный ток определяется при подключении на выход микросхемы электронной нагрузки, реализованной с использованием модуля источника-измерителя.

Для определения перечисленных параметров использовался разработанный авторами автоматизированный измерительный комплекс (см. рис.2).

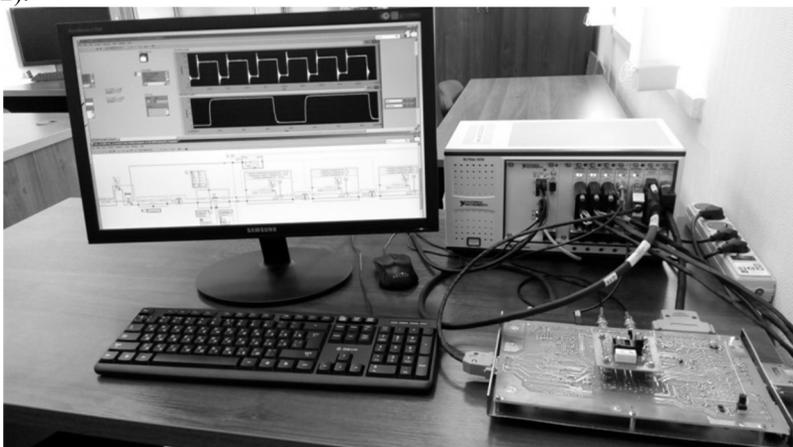


Рис. 2. Внешний вид автоматизированного измерительного комплекса

Результаты работы полученной модели в сравнении с эталонной моделью транзисторного уровня приведены на рис. 3 и 4.

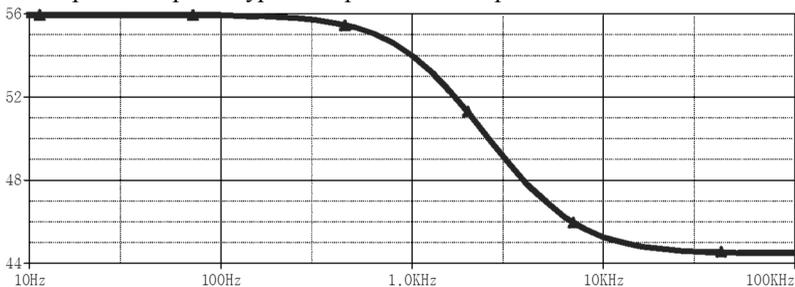


Рис. 3. ЛАЧХ коэффициента подавления пульсаций, полученная посредством SPICE-модели

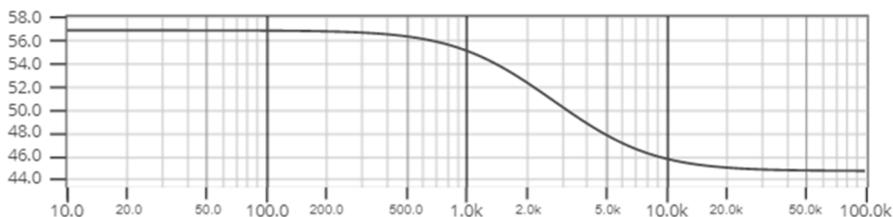


Рис. 4. ЛАЧ коэффициента подавления пульсаций, полученная посредством поведенческой модели

Предложенный подход автопостроения поведенческих моделей микросхем линейных стабилизаторов напряжения позволяет автоматизировать процесс разработки поведенческих моделей, что в целом позволяет снизить затраты и время разработки электронных устройств.

Список литературы

1. *Willems J.W.* Introduction to Mathematical Systems Theory: A Behavioral Approach / J.W. Willems, J.C. Polderman. – New York: Springer, 1998 – 424 с.
2. IEEE standard VHDL analog and mixed-signal extensions: approved 18 March 1999 / ed. Computer Society. – New York, NY: Inst. of Electrical and Electronics Engineers, 1999. – 303 p.
3. *Ashenden P. J.* The system designer's guide to VHDL-AMS: analog, mixed-signal, and mixed-technology modeling / P. J. Ashenden, G. D. Peterson, D. A. Teegarden. – San Francisco : Morgan Kaufmann. – 2002. – 800 p.
4. Advances in design and specification languages for SoCs: selected contributions from FDL'04 / edit by P. Boulet. – Dordrecht, The Netherlands : Springer, 2005. – 305 p.
5. *Cooper S.* Introduction To The VHDL-AMS Modeling Language / S. Cooper, Mentor Graphics / Denver Chapter IEEE Power. Electron. Soc. URL: http://www.denverpels.org/Downloads/Denver_PELS_20071113_Cooper_VHDL-AMS.pdf (дата обращения: 05.07.2018).
6. *Karimi G. R.* Behavioral modeling and simulation of semiconductor devices and circuits using VHDL-AMS / G. R. Karimi, S. Mirzakuchaki // Iranian Journal of Electrical and Electronic Engineering. – 2008. – Vol. 4, № 4. – P. 165–175.
7. *Pecheux F.* Modeling and simulation of multidiscipline systems using bond graphs and VHDL-AMS / F. Pêcheux et al. // Proceedings of the International Conference on Bond Graph Modeling and Simulation (ICBGM). – New Orleans, Louisiana. – 2005. – P. 149–155.
8. MC79M00 Series. 500 mA Negative Voltage Regulators. URL: <http://www.onsemi.com/pub/Collateral/MC79M00-D.pdf> (дата обращения: 05.07.2018).

Материал поступил в редколлегию 21.10.18.