



МЕТОД ОГИБАЮЩИХ ДЛЯ РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА И УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ

ENVELOPE FOLLOWING METHOD FOR DETERMINING TRANSIENT RESPONSE AND STEADY STATE OF ELECTRONIC CIRCUITS

УДК 004.021:621.38

ГУРАРИЙ МАРК МОИСЕВИЧ

К. т. н., с. н. с.

gourary@ippm.ru;

ЖАРОВ МИХАИЛ МИХАЙЛОВИЧ

К. т. н., в. н. с.

zarov@ippm.ru;

РУСАКОВ СЕРГЕЙ ГРИГОРЬЕВИЧ

Чл.-корр. РАН, д. т. н., г. н. с.

rusakov@ippm.ru;

УЛЬЯНОВ СЕРГЕЙ ЛЕОНИДОВИЧ

Д. т. н., г. н. с.

ulyas@ippm.ru

GOURARY MARK M.

Ph.D

gourary@ippm.ru

ZHAROV MICHAEL M.

Ph.D

zarov@ippm.ru

RUSAKOV SERGEY G.

Sc.D

rusakov@ippm.ru

ULYANOV SERGEY L.

Sc.D

ulyas@ippm.ru

*Институт проблем проектирования в микроэлектронике
РАН (ИППМ РАН)
124365, г. Москва, г. Зеленоград, ул. Советская, 3*

*Institute of Design Problems
in Microelectronics RAS (IPPM RAS)
3 Sovetskaya St., Zelenograd, Moscow, 124365*

В работе рассмотрены проблемы построения алгоритмов моделирования переходного процесса и периодического установившегося режима интегральных схем с помощью методов огибающих. Предложены алгоритмы огибающих на базе применения одношаговых методов высокого порядка для решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ).

Ключевые слова: автоматизация схемотехнического проектирования; переходной процесс; периодический установившийся режим; обыкновенные дифференциальные уравнения; численные методы решения; методы огибающих.

The paper considers the problems of envelope following method construction for determining transient response and steady state of integrated circuits. The envelope following algorithms based on using one-step high order integration methods have been offered.

Keywords: circuit simulation; transient response; periodic steady state; ordinary differential equations; envelope following methods.

При проектировании сложных коммуникационных ИС и систем на кристалле применяются средства автоматизированного проектирования. Переход к нанометровым проектным нормам и высоким частотам делает коммуникационные схемы наиболее критичными блоками, которые определяют результирующие характеристики всей схемы или системы на кристалле. Поэтому требования к точности моделирования при автоматизированном проектировании таких схем постоянно растут.

При анализе радиочастотных аналоговых схем и схем автогенераторов с помощью средств схемотехнического моделирования необходимо определение периодического установившегося режима, на основе которого затем рассчитываются остальные важные характеристики. В ряде случаев представляет интерес моделирование переходного процесса при включении схемы. Стандартные средства систем схемотехнического моделирования (анализ переходных процессов) практически непригодны для моделирования таких схем, особенно высокочастотных автогенераторов, вследствие неприемлемо высоких вычислительных затрат.

Применение методов огибающих позволяет значительно снизить вычислительные затраты при моделировании переходного процесса, а также обеспечивает определение начального приближения, близкого к окончательному решению при моделировании с помощью метода пристрелки. При этом эффективный метод интегрирования системы ОДУ требуется как на шаге вычисления начального приближения, так и для получения начального приближения.

Метод огибающих для решения жестких сильно осциллирующих систем дифференциальных уравнений предложен в работе [1]. Метод продолжения огибающих для решения задач схемотехнического моделирования описан в работах К. Kundert. Усовершенствование этого метода приведено в [2], где была предложена неявная схема при решении уравнений огибающей, что существенно повысило устойчивость метода.

Однако точность решения и эффективность метода в значительной степени зависят от применяемых методов интегрирования ОДУ. Программы схемотехнического моделирования используют алгоритмы интегрирования системы ОДУ с переменным шагом и порядком, основанные на применении линейных многошаговых

методов порядка не выше 2. Данное ограничение обусловлено требованием абсолютной устойчивости метода и справедливо для всех методов класса линейных многошаговых [3].

Повышение точности моделирования и сокращение числа временных точек за счет использования больших временных шагов может быть достигнуто с помощью методов более высокого порядка, обладающих свойством абсолютной устойчивости. Методы высокого порядка могут быть построены на основе формулы Обрешкова – Эрмита [4]. Основная трудность ее применения для получения метода произвольного порядка заключается в необходимости вычислять производные высших порядков. Разработанные алгоритмы интегрирования системы ОДУ с переменным шагом и порядком основаны на применении методов порядка не выше 4, так как используют те же величины, что и традиционные методы интегрирования (матрицы проводимостей и емкостей). Предлагаемые методы имеют следующие преимущества:

- не имеют колебаний около истинного решения;
- не подавляют колебательный характер решений.

Разработанные алгоритмы позволяют значительно сократить число временных точек при моделировании переходного процесса и обеспечивают эффективное определение начального приближения для метода пристрелки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Petzold L.R., SIAM J. Numer. Anal, 1981, Vol. 18, № 3, pp. 455–479.
2. Brambilla A., Maffezzoni P., IEEE Trans. Circ. Syst. I, 2003, 50, № 3, pp. 407–417.
3. Butcher J.C. *Numerical Methods for Ordinary Differential Equations in the 20th Century*, J. of Computational and Applied Mathematics, 2000, Vol. 125, № 1–2, pp. 1–29.
4. Meir A., Sharma A. *An Extension of Obreshkov's Formula*, SIAM J. of Numerical Analysis, 1968, Vol. 5, № 3, pp. 488–490.



ИЗДАТЕЛЬСТВО «ТЕХНОСФЕРА» ПРЕДСТАВЛЯЕТ КНИГУ:



ПЕЧАТНЫЕ ПЛАТЫ. СПРАВОЧНИК. В 2-х КНИГАХ

Под ред. К. Кумбза

М.: ТЕХНОСФЕРА, 2018. — 2032 с.,

ISBN 978-5-94836-258-8

Т.1. — 1016 с. Т.2. — 1016 с.

В издании рассматриваются все процессы создания и применения печатных плат: проектирование и выбор базовых материалов, изготовление, обеспечение качества и оценки надежности печатных плат и печатных узлов, монтаж плат, включая особенности бессвинцовых технологий пайки, а также методы и средства испытаний применительно к специальным требованиям. Шестое издание дополнено информацией по ценообразованию, количественной оценке технологичности плат, управлению производством и решению экологических проблем. Справочник рассчитан на широкий круг специалистов-технологов, конструкторов, схемотехников и специалистов по надежности, поскольку печатные платы являются фундаментом проектирования и производства изделий электроники. Данная книга может служить учебным пособием для студентов и аспирантов вузов соответствующих специальностей.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

e-mail: knigi@technosphere.ru;
sales@technosphere.ru

125319, Москва, а/я 91;

тел.: +7 495 234-0110;
факс: +7 495 956-3346;