

Расширенные средства частотного моделирования для VHDL-AMS

Геннадий Сердюк <gserdyuk@gserdyuk.org>, Борис Шелковников, к.т.н. <shelk@ukrpost.net>
Институт телекоммуникационных систем НТТУ <КПИ>, Индустриальный пер. 2, 03056, Киев,
Украина.

Разработка стандартов языков описания аналоговых устройств VHDL-AMS [1] и Verilog-A позволила решить многие проблемы совместимости средств моделирования - например стандартизовать библиотеки элементов и осуществлять обмен моделями [2]. Однако оба языка определены как языки для моделирования во временной области и не поддерживают моделирование в частотной области, необходимое для большинства радиочастотных и СВЧ задач.

Настоящий доклад описывает расширения VHDL-AMS, обеспечивающие возможность моделирования в частотной области. Более ранние результаты опубликованы в [3].

Уравнение аналоговой цепи:

$$i(v(t)) + \frac{dq(v(t))}{dt} + \int_{-\infty}^t y(t-\tau)v(\tau)d\tau + u(t) = 0 \quad (1)$$

где $v(t)$, $u(t)$, $y(t)$, $i(v(t))$, $q(v(t))$ и $f(v,t) \in R^N$, $v(t)$ и $u(t)$ имеют период T , $y(t)$ – отклик линейной подцепи, $i(v)$, $q(v)$ – нелинейные члены.

Рассматривая слагаемые и переменные в (1) как ряды Фурье и произведя необходимые преобразования, уравнения гармонического баланса могут быть записаны так:

$$F(V) = I(V) + \Omega Q(V) + YV + U = 0 \quad (2)$$

где $F(V), I(V), Q(V), V, U \in C^{(K+1)N}$, K – количество частот, Y, Ω – квадратные матрицы. Уравнение (2) Обычно решается методом Ньютона [4],[6].

При составлении уравнений цепи используем язык описания аппаратуры, в частности VHDL-AMS. VHDL-AMS содержит средства для описания динамического поведения, для чего используются особые средства языка – атрибуты. Атрибуты могут определять производные неизвестной, интегралы и задержки неизвестной величины во времени.

Для расширения возможностей моделирования в частотной области так же предполагается использовать атрибуты. Использование специального атрибута 'FD для обращения к изображению переменной в частотной области позволяет строить уравнения для поведенческих моделей **линейных элементов** в частотной области, расширяя класс описываемых цепей, включая цепи с распределенными параметрами.

В отличие от линейного случая, **нелинейные элементы** выполняют преобразование частот, что требует использования в уравнении нескольких частотных компонентов одной и той же неизвестной. Это касается случаев поведенческого описания нелинейных компонентов непосредственно в частотной области. В таком случае предлагается применить аппарат описывающих функций [7],[8]. При этом адресация к конкретным составляющим производится с использованием атрибута 'H(...).

Предложенный подход реализован в программе моделирования методом гармонического баланса [5] с использованием VHDL-AMS как входного языка.

- [1] VHDL-AMS Language Reference Manual, IEEE Standard No.: 1076.1-1999
- [2] M. Mierzwinsky et al, "Changing the paradigm for compact model integration in circuit simulators using Verilog-A", <http://www.tiburion-da.com/NanoTech2003.pdf>
- [3] G. Serdyuk, D. Goodman, "VHDL approach improves nonlinear simulation", *Microwaves & RF*, November 2001, pp. 76-102.
- [4] Ken Kundert, "Simulation methods for RF integrated circuits", ICCAD-94.
- [5] Rincon user manual, Ridgetop Group, Inc., <http://www.ridgetop-group.com>
- [6] C.T. Kelley, "Iterative methods for linear and nonlinear equations", *Frontiers in Applied Mathematics*, vol 16, SIAM, 1995.
- [7] J. Verspecht, D. Schreurs, A. Barel, B. Nauwealers, "Black box modeling of hard nonlinear behavior in the frequency domain", *IEEE 1996 MTT-S Int-1 Microwave Symposium Digest*.
- [8] J. Verspecht, "Describing functions can better model hard nonlinearities in the frequency domain than the Volterra theory", *Doctoral Dissertation Annex, Vrije Univ. Brussel, Brussels, November 1995*.