УДК 621.3

А.В. Григорьев

(г. Чебоксары, Чувашский государственный университет
имени И.Н. Ульянова)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЁМО-ПЕРЕДАТЧИКА LVDS ИНТЕРФЕЙСА**

LVDS INTERFACE RECEIVER-TRANSMITTER SIMULATION

*Рассмотрены возможности моделирование приёмо-передатчиков LVDS интерфейса в САПР Cadence.*

*The possibilities of modeling LVDS interface receivers and transmitters in Cadence are considered.*

*Ключевые слова: LVDS, IBIS-модель, SPICE-модель, передатчики и приёмники LVDS, анализ целостности сигнала*

*Keywords: LVDS, IBIS model, SPICE model, LVDS transmitters and receivers, signal integrity analysis.*

Современные высокоскоростные последовательные интерфейсы обеспечивают более высокую скорость передачи информации, низкую стоимость, малые габариты, высокую помехоустойчивость, низкое потребление энергии, возможность резервирования, лёгкость встраивания в аппаратуру. В связи, с чем интерфейсы на основе технологии LVDS (Low-Voltage Differential Signaling, или дифференциальный метод передачи с использованием сигналов низкого уровня) и M-LVDS (Multipoint-LVDS, или многоточечный двунаправленный способ обмена информацией) в современной радиоэлектронной аппаратуре получили наибольшее распространение [1, 2]. Технология LVDS отражена в двух стандартах TIA/EIA-644A и TIA/EIA-899 [2].

Сокращение сроков и затрат на проектирование радиоэлектронной аппаратуры обеспечивается моделированием на различных уровнях проектирования [3, 4]. Наибольшее распространение получило моделирование на схемотехническом уровне, в основе которого заложено использование SPICE моделей компонентов. Однако использование этих моделей затрагивает некоторые моменты, ограничивающие их применение в случае интегральных схем. Возникают аспекты, связанные с коммерческой тайной и сложностью моделирования больших интегральных схем, в связи с этим в настоящее время наибольшее распространение получило макромоделирование, основанное на использовании IBIS-моделей электронных компонентов(ANSI/EIA-656) [5, 6]. Моделирование с использованием IBIS-моделей позволяет проводить анализ целостности сигналов, изменения потенциала земли, возникновения паразитных колебаний, перекрёстных помех и т.д.

IBIS-модель формируется в виде специального файла со строго структурированным описанием. Каждая последующая версия описания поддерживает новые возможности модели, которые включаются в файл в виде дополнений. Все версии совместимы друг с другом. Параметры IBIS-моделей формируются на основе знания ВАХ различных логических состояний выводов по постоянному току и передаточных характеристик на нормированной активной нагрузке.

Файл IBIS-модели не является исполняемым файлом и включает в себя: 1) заголовок с общей информацией; 2) информацию о выводах; 3) вольт-амперные и переходные характеристики.

Описание IBIS-модели соответствует структуре, состоящей из входной и выходной части (рис. 1) [5].

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| *а* | *б* |
| *Рис. 1. Структура IBIS-модели: а – входная часть; б – выходная часть* |

Компоненты GND Clamp и Power Clamp описываются вольт-амперными характеристиками входных и выходных защитных диодов, Pulldown и Pullup представляют соответственно характеристики выходной части схемы между выводом и землёй с нулевым логическим состоянием на выходе, и выводом и питанием с единичным логическим состоянием на выходе. Временные характеристики отражены в компоненте Ramp, они характеризуют скорость переключения между логическими уровнями.

Подключение модели к системам автоматизированного проектирования производится с помощью специальных пакетов, в Cadence используется ModelEditor. Приложение конвертирует файл с описанием модели компонента формата IBIS в библиотечный файл формата SPICE. Для случая передатчика LVDS ds90lv011a библиотечный файл содержит три SPICE модели: входной вывод (DS90LV011A\_DIN) и две модели выходных выводов, образующих дифференциальную пару (DS90LV011A\_OUTP, DS90LV011A\_OUTM) [6].

В качестве примера приводится процедура временного анализа интерфейса, состоящего из передатчика DS90LV011A, приёмника DS90LT012A фирмы Texas Instruments и линии передачи в виде печатных дорожек, которые образуют полосковую линию. Упрощённо дифференциальную линию передач можно представить в виде двух SPICE-моделей линии задержки с условно выбранным волновым сопротивлением каждой линии 50 Ом и величиной задержки 0,2 нс. Результаты моделирования в программе аналогового и смешанного аналогово-цифрового моделирования PSpice пакета Cadence приведены на рис. 2 [7].



*Рис. 2. Сигналы на выходе передатчика и входе приёмника LVDS интерфейса*

**Список литературы**

1. LVDS Owner’s Manual. Including High-Speed CML and Signal Conditioning, Fourth Edition: Texas Instruments Incorporated. – 2008. – 111 с. <https://www.ti.com/lit/ug/snla187/snla187.pdf> (дата обращения 16.03.2020 г.).

2. Electrical characteristics of low voltage differential signaling (lvds) interface circuits. TIA PN-4584 Revision 1.2 – May, 2000.

3. *Чумаров С.Г., Чернов В.К.* Исследование мостового усилителя тока с ПИ регулированием  // САПР и моделирование в современной электронике: cб. науч. тр. III Междунар. науч.-практ. конф. – Брянск: БГТУ, 2019. – С. 321-324.

4. *Чумаров С.Г., Милкин Ю.С.* Особенности реализации и применения программно-определяемых радиосистем // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем: материалы 13-й Всерос. науч.-практ. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2019. – С. 442-443.

5. *Bonnie Baker.* The IBIS model: A conduit into signal-integrity analysis, Part 1 // Analog Applications Journal – Texas Instruments, 4Q. – 2010. – С. 11-16. [https://www.ti.com/lit/an/ slyt388/slyt388.pdf](https://www.ti.com/lit/an/%20slyt388/slyt388.pdf) (дата обращения 16.03.2020 г.).

6. [DS90LV011A IBIS Model](http://www.ti.com/lit/zip/snlm047). <http://www.ti.com/lit/zip/snlm047> (дата обращения 16.03.2020 г.).

7. *Григорьев А.В. Арсентьева А.А.* [Интерфейс последовательной передачи информации по технологии LVDS](https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36725787) // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: Материалы 11-й Всерос. науч.-техн. конференции. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та. – 2018. – С. 236-237.

*Материал поступил в редколлегию 09.10.20.*