

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ СБИС

Жаднов В.В., Полесский С.Н., Шихов А.И., Якубов С.Э
Москва, МИЭМ

Рассмотрена проблема оценки надежности сверх больших интегральных микросхем (СБИС), в частности ПЛИС. Подробно описаны и сравнены две методики расчета надежности ИМС, а также сделаны выводы о целесообразности их применения.

Mathematical models for calculation reliability of VLSI. Zhadnov V., Polesskij S., Shihov A., Yakubov S.

Problems of calculating reliability for VLSI, in particular PLIS, are touched upon in the article. The two principles of calculating reliability for VLSI are observed and compared, and also the conclusions on their adaptation are made.

На современном этапе развития техники, абсолютное большинство радиоэлектронной аппаратуры (РЭА) построено по принципу миниатюризации, поэтому в большинстве своем в их состав входят интегральных схемах (ИС), в частности СБИС. Причем за частую ИС выполняют ключевую роль в РЭА, поэтому отказ ИС приводит к неминуемому отказу всего изделия. Получение точной оценки надежности ИС является необходимым условием для расчета надежности всей РЭА [1]. Поэтому для этого необходимо использовать адекватные математические модели расчета надежности ИС, а именно интенсивностей отказов, как в режиме работы, так и в режиме хранения [2]. На сегодняшний день существует ряд математических моделей (ММ), различающихся коренным образом по подходу к дифференциации интенсивности отказов ИС.

На фоне других выделяются математические модели, разработанная в ФГУП «Научно-исследовательском институте автоматики» (НИИА) [3] и приведенная в американском справочнике [4]. Суть первой модели заключается в разделении общей интенсивности отказов (ИО) СБИС на составные части по отдельным частям структурной схемы ИС. Таким образом, базовая ИО СБИС можно представить в виде суммы:

$$\lambda_B = \lambda_B + \lambda_{OZY} + \lambda_{PZU, PPLZU} + \lambda_{RPLZU} + \lambda_{ALU} \quad (1),$$

где:

λ_B - ИО выводов;

λ_{OZY} - ИО накопителя оперативного запоминающего устройства (ОЗУ);

$\lambda_{PZU, PPLZU}$ - ИО накопителя постоянного запоминающего устройства (ПЗУ) и программируемого постоянного запоминающего устройства

(ППЗУ);

$\lambda_{P\bar{P}ZU}$ - ИО накопителя репрограммируемого постоянного запоминающего устройства (РПЗУ);

λ_{ALU} - ИО части процессора, состоящей из нерегулярной логики.

В свою очередь, каждое из слагаемых, приведенных в выражении (1), можно представить в виде произведения, один из сомножителей которого представляет собой количество элементарных, однотипных элементов, входящих в рассматриваемую часть ИС, а второй равен ИО такого элементарного элемента.

Безусловным достоинством этой модели является её универсальность в применение к разным видам СБИС на базе цифровых процессоров обработки сигналов (ЦПОС), программируемых логических ИС (ПЛИС) и учет самой структуры ИС.

Однако, имеется и ряд недостатков: во-первых, расчетные формулы получаются чересчур громоздкими; во-вторых, для расчета требуется много специфических данных о составных частях ИС, которые может знать только инженер-проектировщик рассчитываемой ИС, но которыми может не обладать специалист, проводящий расчет надежности РЭА; в-третьих, информация по ИО отдельных элементарных ячеек составных частей ИС содержится в справочниках [4, 5], и трудно поддается корректировки по результатам испытаний и эксплуатации РЭА, в состав которой входит данная ИС.

Кардинально же другой подход к определению ИО СБИС предлагается в американском справочнике [4]. Суть этой математической модели заключается в том, что ИО ИС, как функция от времени, представляется в виде суммы составных частей, каждая из которых отвечает за вклад определенных процессов:

$$\lambda_P(t) = \lambda_{OX}(t) + \lambda_{MET}(t) + \lambda_{HC}(t) + \lambda_{CON}(t) + \lambda_{PAC}(t) + \lambda_{ESD}(t) + \lambda_{MIS}(t) \quad (2),$$

где:

- $\lambda_{OX}(t)$ - ИО, отражающая влияние эффекта времязависимого пробоя затворного диэлектрика;
- $\lambda_{MET}(t)$ - ИО, отражающая влияние эффекта электромиграции;
- $\lambda_{HC}(t)$ - ИО, отражающая влияние эффекта "горячих" носителей;
- $\lambda_{CON}(t)$ - ИО, отражающая влияние точечных дефектов;
- $\lambda_{PAC}(t)$ - ИО, обусловленная типом корпуса;
- $\lambda_{ESD}(t)$ - ИО, отражающая влияние электростатической разрядки (ЭСР) и электрической перегрузки (ЭП);
- $\lambda_{MIS}(t)$ - ИО учета прочих воздействий.

Первые четыре слагаемых в выше приведенной формуле (2) отвеча-

ют за вклад стандартных механизмов деградации кристалла микросхемы. В отличие от методики предложенная НИИА, эта методика обладает такой важной особенностью, как простота вычислений, а также возможность корректировки некоторых составляющих ИО, используя результаты испытаний электрорадиоизделий.

С точки зрения применения вторая модель позволяет получать более точные значения ИО, т.к. их значения могут быть скорректированы за счет получения статистики по отказам ИС с указанием причины отказа с периодом их нахождения в разработке, испытаний или эксплуатации. С другой стороны, первая математическая модель, предложенная НИИА учитывает структуру ИС и при проведении диагностики – определения причины отказа, выявление уязвимых узлов, можно также скорректировать значения ИО, однако это экономически нецелесообразно. В перспективе планируется детальное изучение ММ ИС и их адаптация под конкретный процесс проектирования РЭА на НИИА и др.

Литература

1. ГОСТ Р В 20.39.302-98. Комплексная система общих требований. Аппаратура, приборы, устройства и оборудование военного назначения. Требования к программам обеспечения надежности и стойкости к воздействию ионизирующих и электромагнитных излучений. ДСП.
2. Управление качеством при проектировании теплонагруженных радиоэлектронных средств: Учебное пособие // Жаднов В.В., Сарифонов А.В.. – М.: Изд-во «Солон-пресс», 2004. – 464 с.
3. «Методика расчета интенсивности отказов СБИС (ЦПОС), ПЛИС, учитывающая дифференциальный подход к различным функциональным областям» // Методика НИИА, Москва 1996 г.
4. MIL-HDBK-217. Reliability prediction of electronic equipment.
5. Надежность ЭРИ: Справочник. // С.Ф. Прытков, В.М. Горбачева, А.А. Борисов и др. / Науч. рук. С.Ф. Прытков – М.: 22 ЦНИИ МО РФ, 2002. – 574 с.

МЕТОДЫ ОЧИСТКИ МОДЕЛИ СЕТЕВОГО ТРАФИКА ОТ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ КОМПОНЕНТЫ

Безрукавный А.С., Домрачев В.Г., Калинина Э.В.* , Ретинская И.В.*
Москва, МГУЛ; Москва, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина

Рассмотрены способы выделения шумовой компоненты из трехкомпонентной модели сетевого трафика. Описан алгоритм «Гусеница», использованный для этой цели, и результаты его исследования на реальных данных.