МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ФИЗИЧЕСКОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

УДК 004.312

DOI: 10.17223/00213411/63/12/114

А.Ю. МАТРОСОВА¹, В.А. ПРОВКИН¹, В.З. ТЫЧИНСКИЙ¹, Е.А. НИКОЛАЕВА¹, Г.Г. ГОШИН²

ПОСТРОЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SAT-РЕШАТЕЛЕЙ СХЕМ, МАСКИРУЮЩИХ ЛОГИЧЕСКИЕ НЕИСПРАВНОСТИ И ВРЕДНОСНЫЕ ПОДСХЕМЫ УПРАВЛЯЮЩИХ КОМПОНЕНТ СЛОЖНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ*

С целью повышения надежности управляющих компонент сложных физических систем рассматривается проблема маскирования неисправностей и вредоносных подсхем, обнаруживаемых на заключительных этапах создания этих компонент. Управляющие компоненты, как правило, являются логическими схемами, комбинационными или последовательностными. Комбинационная схема C (комбинационная часть последовательностной схемы) состоит из вентилей. В ней выделена подсхема с множеством V выходных полюсов и множеством U входных полюсов. Множество V состоит из выходных полюсов неисправных элементов схемы C и входных полюсов ее исправных элементов. Предлагается корректировать поведение схемы C , используя маскирующую схему, по возможности, более простую. Ее входы соединяются с полюсами из U , а выходы – либо с полюсами, питаемыми полюсами из V (выходными полюсами элементов схемы C), либо непосредственно с полюсами из V (входными полюсами элементов схемы C) в рамках Engineering Change Order (ECO) технологий. В отличие от известных подходов к построению маскирующей схемы, основанных на результатах моделирования корректируемой схемы C , обеспечивающих в результате маскирования корректное поведение схемы на множестве моделируемых наборов, предлагается использовать частичные функции полюсов множества V . Применение частичных функций при построении маскирующей схемы позволяет гарантировать корректное поведение схемы C на множестве всех ее входных наборов. Построение частичных функций выполняется с использованием SAT-решателей. По полученной системе частичных функций с помощью систем ESPRESSO и ABC строится маскирующая схема.

Ключевые слова: комбинационные схемы, частичные функции, функции наблюдаемости внутренних полюсов, конъюнктивная нормальная форма Цейтина, дизъюнктивные нормальные формы, ортогональные дизъюнктивные нормальные формы, SAT-решатели.

Введение

Работоспособность сложных физических систем зависит от надежности составляющих их компонент, в частности, от надежности управляющих компонент, которые, как правило, являются логическими схемами высокой производительности. Высокая производительность – это высокая скорость выполнения операций и высокий уровень интеграции. Последний фактор приводит к большой сложности логических схем в условиях относительно малого числа полюсов, на которых можно наблюдать поведение схемы. В связи с этим в логических схемах возможно обнаружение неисправностей на поздних стадиях производства. В таких случаях приходится либо возвращать схемы на более ранние стадии, либо выбрасывать их как непригодные к использованию. Подобные ситуации снижают выход годных схем, что весьма нежелательно. Кроме того, в схемы, изготовленные сторонними фирмами, могут быть внедрены вредоносные подсхемы (Trojan Circuits (TCs)) с целью разрушения системы или извлечения конфиденциальной информации. Срабатывание вредоносной подсхемы (ТС) также может рассматриваться как проявление логической неисправности на полюсе, являющемся выходом линии связи, к которой присоединен выход (payload) вредоносной подсхемы. Речь идет о широком классе вредоносных подсхем, у которых выход активирующего блока включается в линию логической схемы. (Структура ТС и способ подключения ее входов в схему C значения не имеют.) В связи со сказанным, в дальнейшем будем говорить только о коррекции неисправных полюсов.

Для коррекции схем в случае обнаружения неисправностей применяются ECO (Engineering Change Order)-технологии [1–3]. В рамках этих технологий неисправности в изготавливаемой схеме можно, в частности, маскировать с помощью корректирующей (маскирующей) схемы, подключаемой к внутренним полюсам корректируемой схемы. Часть из этих внутренних полюсов подключается к выходам маскирующей схемы, остальные – к входным полюсам маскирующей схемы. Для маскирующей схемы на кристалле отводится дополнительная площадь. Маскирующая схема,

* Работа выполнена при частичной поддержке Программой повышения конкурентоспособности ТГУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров, проект № 8.2.36.2019.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>