

ПОСТРОЕНИЕ ТЕСТОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕННОЕ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ КОМБИНАЦИОННОЙ КМОП СХЕМЫ ИЗ БИБЛИОТЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

П.Н. Бибило

Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси

Минск, Республика Беларусь

E-mail: bibilo@newman.bas-net.by

Предлагается алгоритм нахождения тестовых наборов, которые обеспечивают режим повышенного энергопотребления комбинационной логической схемы, синтезированной в базе проектирования заказной КМОП СБИС.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема снижения энергопотребления заказных цифровых КМОП СБИС решается на различных этапах проектирования [1]. На этапе логического проектирования одной из важных задач является быстрая оценка энергопотребления схемы без выполнения трудоемкого схемотехнического моделирования [2]. Если число входных переменных логической схемы, синтезированной из библиотечных КМОП элементов, не превышает 10–15, то для быстрой оценки энергопотребления может быть применен подход на основе перебора всех возможных пар входных тестирующих наборов и нахождения заданного числа «энергоёмких» тестирующих наборов [2]. Однако для схем с достаточно большим числом входных полюсов такой подход, основанный на переборе всех пар входных наборов, оценке энергопотребления для каждой пары и выборе «энергоёмких» пар, становится не применимым из-за большого перебора – число всех пар входных наборов для комбинационной схемы, имеющей n входов, равно $2^n(2^n - 1)$. Для комбинационных схем с несколькими десятками входных полюсов предлагается алгоритм нахождения тестирующих наборов, которые вызывают повышенное энергопотребление.

I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть задана комбинационная схема R , состоящая из библиотечных логических КМОП элементов и имеющая n входов x_1, x_2, \dots, x_n . Пример такой схемы для $n = 3$ показан на рис. 1. Булево пространство V^x над переменными вектора $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n)$ содержит 2^n двоичных наборов. Каждому двоичному набору $\mathbf{x}^* \in V^x$ поставим в соответствие число i , равное десятичному эквиваленту этого набора. Если при моделировании схемы R входной набор i сменяется входным набором j , то упорядоченной паре $\langle i, j \rangle$ соответствует некоторое число – оценка энергопотребления всей схемы в целом. В качестве такой оценки может быть суммарное число $S_{i,j}$ переключений транзисторов, полученное с помощью подхода [3].

Задача. Для заданной комбинационной КМОП схемы R найти k различных пар двоичных наборов значений входных переменных, задача которых на входы схемы вызывает максимальное суммарное число переключений транзисторов, входящих в элементы схемы R .

II. АЛГОРИТМ НАХОЖДЕНИЯ ТЕСТОВЫХ НАБОРОВ

Идея алгоритма заключается в предварительном разбиении схемы на подсхемы (блоки) с ограниченным числом входных переменных, оценку энергопотребления отдельно каждого блока, построение пар тестирующих наборов значений входных переменных (тестов) для схемы в целом с использованием направленного поиска (логического анализа схемы) и упорядочение найденных пар наборов для получения результирующего теста. Предполагается, что для блоков с числом входных полюсов, не превышающим десяти, потактовые оценки энергопотребления могут быть получены для каждой пары входных наборов. Предполагается также то, что для всей комбинационной схемы и отдельной пары входных тестовых наборов оценка энергопотребления схемы может быть получена достаточно быстро, например, с помощью логического моделирования структурных VHDL-описаний логических КМОП схем [3].

Шаг 1. Разбить схему на блоки B^1, \dots, B^p с ограниченным числом $r \leq 10$ входных переменных, используя алгоритмы, представленные в [4]. Число r является параметром алгоритма, от значения этого числа зависит трудоемкость алгоритма и качество получаемых решений. На рис. 1 в качестве блоков B^i выступают $circ1, \dots, circ4$.

Шаг 2. Для каждого блока $B^i, i = 1, \dots, p$, найти множество двоичных наборов, которые могут появиться на входных полюсах блока B^i и построить для них наборы соответствующих значений выходных сигналов.

Шаг 3. Оценить энергопотребление каждого из блоков B^i на всех парах $\langle i, j \rangle$ возможных входных наборов этого блока. Оценка выполня-

ется с использованием программ схемотехнического либо логического VHDL моделирования.

Шаг 4. Используя блочное представление схемы, найти поочередно k пар тестовых векторов, каждый раз находя пару, отличающуюся от уже найденных, для которой оценка энергопотребления схемы является наибольшей. Сначала проводится анализ блоков и находится блок, среднее энергопотребление которого является наибольшим. Среди пар входных наборов данного блока находится пара с наибольшим весом (энергоемкая пара входных наборов блока). Данная пара входных наборов этого блока будет являться «точкой роста» искомой пары тестовых наборов всей схемы в целом. Для найденной пары входных наборов определяются соответствующие значения выходных сигналов блока, которые являются входами других элементов и вызывают изменения сигналов на следующих каскадах схемы.

Шаг 5. Упорядочение найденных пар согласно алгоритму из работы [2].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный алгоритм использует известные алгоритмы и программы обработки структурных и функциональных описаний нерегулярных схем их библиотечных элементов, является достаточно быстродействующим и применимым для оценки энергопотребления комбинационных схем практической размерности.

1. Рабаи, Ж. М. Цифровые интегральные схемы. Методология проектирования / Ж.М.Рабаи, А.Чандракасан, Б.Николич. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 912 с.
2. Бибило, П. Н. Нахождение теста для режима максимального энергопотребления комбинационной логической схемы / П. Н. Бибило. // Управляющие системы и машины. – 2010. – № 5. – С. 39 – 45.
3. Бибило, П. Н. Оценка энергопотребления логических КМОП-схем по их переключательной активности / П. Н. Бибило, Н. А. Кириенко // Микроэлектроника. – 2012. – № 1. – С. 65 – 77.
4. Бибило, П. Н. Логическое проектирование дискретных устройств с использованием продукционно-фреймовой модели представления знаний / П. Н. Бибило, В. И. Романов. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 279 с.

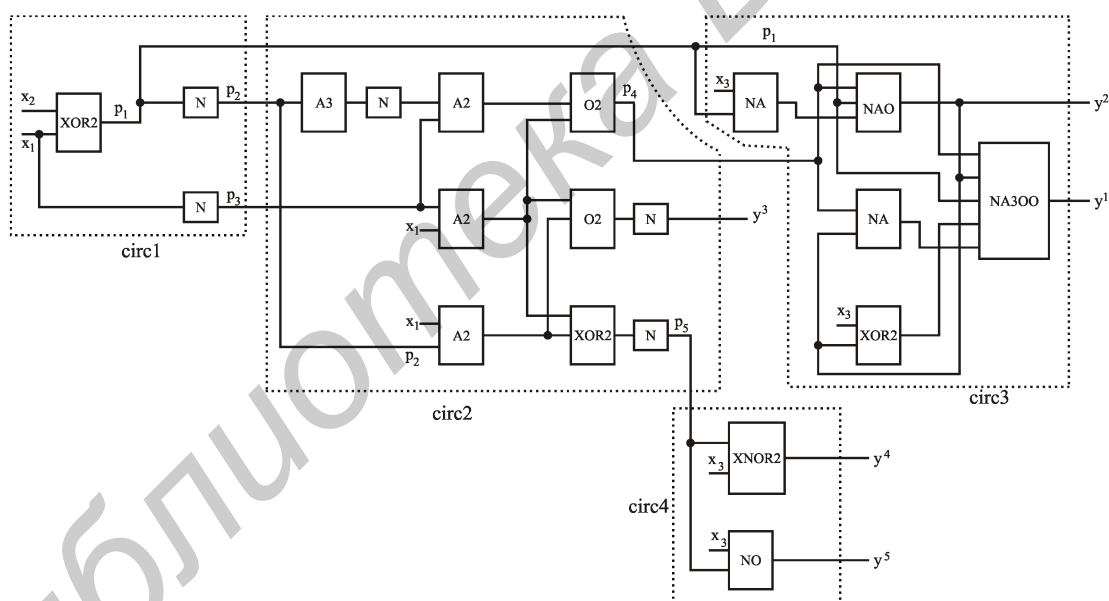


Рис. 1 – Логическая схема из КМОП элементов