

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ДИЗЪЮНКТИВНО-КОНЪЮНКТИВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ СИСТЕМ ПОЛНОСТЬЮ ОПРЕДЕЛЕННЫХ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

Кардаш С. Н.

Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси

Минск, Республика Беларусь

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

Приводятся результаты экспериментального исследования эффекта от влияния применения процедур, основанных на построении дизъюнктивно-конъюнктивных разложений систем полностью определенных булевых функций, на площадь получаемых в результате синтеза схем из библиотечных КМОП-элементов. Показано, что сокращение площади схем в результате применения предлагаемых программ может достигать 25 процентов

ВВЕДЕНИЕ

Синтез нерегулярных логических схем из библиотечных КМОП элементов представляет собой двухэтапный процесс [1]. Первый этап заключается в логической оптимизации – исходная система булевых функций записывается в виде взаимосвязанных логических уравнений, которые называют многоуровневым представлением булевых функций, в отличие от двухуровневых (И-ИЛИ) представлений в виде ДНФ. Оптимизация многоуровневых представлений может производиться различными способами. В настоящей работе она осуществляется на основе поиска минимизированных BDD-представлений (Binary Decision Diagram) систем булевых функций [2]. Цель этапа оптимизации заключается в построении такого варианта представления схемы, который мог бы послужить хорошей отправной точкой для синтеза. После этапа оптимизации выполняется второй этап – технологическое отображение оптимизированного многоуровневого BDD-представления в заданный базис библиотечных логических элементов, выполненных по КМОП-технологии. Для этого используется программный пакет LeonardoSpectrum [3]. В результате получается структурное VHDL-описание (нетлист) комбинационной схемы, реализующей исходную систему функций. Основными критериями при оптимизации схем являются число ячеек (cell) и площадь кристалла, занимаемого полученным блоком (square).

1. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

В работе [4] рассмотрен алгоритм построения совместных дизъюнктивных и конъюнктивных разложений систем булевых функций, ориентированный предварительную обработку исходных систем функций, обладающих связностью (общностью) областей определения. Основная идея алгоритма заключалась в том, чтобы находить и выделять общие части логических выражений с учетом специфики используемой целевой библиотеки (реализовать можно

как функции, так их инверсии). В этом случае процесс синтеза можно представить как трехэтапный процесс – построение дизъюнктивно-конъюнктивного разложения, минимизация в классе BDD с использованием программ [2] и отображение в библиотечный базис средствами программного пакета LeonardoSpectrum. В настоящей работе приводятся результаты экспериментального исследования эффекта от применения двух программ, разработанных на основе алгоритма [4]. Программы различаются способом учета полярности включаемых в разложение функций. Программа A1 строит разложение без учета полярности, а программа A2 полярность учитывает.

Исследование проводилось в системе FLC [5]. В качестве объектов исследования использовались функциональные описания (системы полностью определенных булевых функций) проектируемых схем, представленные на языке SF [6], который является внутренним языком системы FLC. Исходные функциональные описания схем взяты из библиотеки примеров Berkeley PLA Test Set [7]. Для каждого примера применялась многошаговая процедура. На первом шаге проводилась построение дизъюнктивно-конъюнктивного разложения. В результате получалось многоблочное представление на языке SF. На втором шаге оно минимизировалось в классе BDD с привлечением механизма стратегий [5]. В результате получалось многоуровневое SF-описание, каждый уровень которого задавался скобочным выражением. После этого осуществлялась конвертация многоуровневых SF-описаний в синтезируемые алгоритмические VHDL-описания. Получение схемного решения и его оценка выполнялась с помощью программного пакета LeonardoSpectrum. Всего для каждого примера рассматривалось три варианта логической оптимизации. При первом – программы разложения не использовались. Во втором и третьем случае вначале применялись программы A1 и A2 соответственно.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты экспериментального исследования представлены в таблице 1. Всего для каждого примера рассматривалось три варианта логической оптимизации. При первом – программы построения разложения не использовались. Этому варианту в таблице соответствует столбцы с обозначением А. Во втором и третьем случае вначале применялись программы А1 и А2 соответственно. В приведенной таблице через m обозначено число аргументов в исходной системе, через cells - число макроячеек в полученной схеме, через square - площадь схемы. Как следует из приведенной таблицы, использование разложений принесло эффект в десяти случаях из 15. При этом наибольшее сокращение площади составило 26 процентов (в случае примера intb).

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уменьшить площадь получаемых в процессе синтеза комбинационных нерегулярных логических схем можно с помощью логической оптимизации исходных описаний. Одним из наиболее эффективных способов логической оптимизации является минимизация BDD-представлений систем булевых функций. Хорошим средством для улучшения конечных схемных решений может служить предварительная обработка исходных систем с помощью программ построения дизъюнктивно-конъюнктивных разложений. Проведенное исследование показало, что более, чем

в половине исследованных случаев применение разработанных программ приводило к получению более эффективных схемных решений. При этом использование разработанных программных средств может сократить площадь получаемых схем на 25 процентов.

IV. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бибило, П.Н. Логическое проектирование дискретных устройств / П.Н. Бибило, В.И. Романов. – Минск.: Беларус. навука, 2011. – 279 с.
2. Бибило П.Н., Леончик П.В. Экспериментальное исследование влияния процедуры BDD-оптимизации на энергопотребление комбинационных КМОП-схем // Автоматика и вычислительная техника. 2010. № 5. С. 72-78.
3. Бибило П.Н. Системы проектирования интегральных схем на основе языка VHDL. StateCAD, ModelSim, LeonardoSpectrum. – М.: СОЛОН-Пресс. 2005, 384 с.
4. Бибило, П.Н. Дизъюнктивно-конъюнктивные разложения систем полностью определенных булевых функций / П.Н. Бибило, С.Н. Кардаш / Доклады Восьмой Международной научной конференции «Танаевские чтения», 27–30 марта 2018 г. – Минск, ОИ-ПИ НАН Беларуси, 2018 г. – С. 28–32.
5. Бибило П.Н., Романов В.И. Логическое проектирование дискретных устройств с использованием продукционно-фреймовой модели представления знаний. Изд. 2-е, испр. – М.: ЛЕНАНД, 2014, 256 с.
6. Бибило, П.Н. Кремниевая компиляция заказных СВИС. - Минск: Институт технической кибернетики АН Беларуси, 1996. - 268 с.
7. Berkeley PLA test set [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www1.cs.columbia.edu/cs4861/sis/espresso-examples/ex/>. – Date of access: 10.10.2011.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Имя	m	A	A1	A2	A	A1	A2
		cells	cells	cells	square	square	square
Add6	12	28	42	59	12806	18425	24524
Addm4	8	212	187	224	80782	73723	88426
B2	16	517	830	830	192655	319438	319438
B12	15	50	52	47	18297	18911	16645
DC2	8	65	58	58	23302	21455	21455
intb	15	711	650	534	272555	261691	215734
Mp2d	14	52	52	52	17471	18018	18018
radd	8	18	20	17	8074	9151	8576
root	5	72	68	65	26109	24396	24625
T3	8	49	47	47	17276	16941	16941
tial	14	644	770	879	255988	295885	355742
Z5xp1	7	48	44	50	18442	17209	18833
Max10	10	390	345	402	146888	130823	156084
Max5	9	221	211	197	84643	78025	76904
F51	8	44	43	43	18353	17599	17599