

АЛГОРИТМ ДИЗЪЮНКТИВНОГО РАЗЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ 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

Приводится алгоритм дизъюнктивного разложения систем полностью определенных булевых функций, ориентированный на минимизацию сложности получаемых в результате синтеза схем из библиотечных КМОП-элементов. Показано, что сокращение площади схем в результате применения предлагаемых программ может достигать 5,5 процентов

ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] предложен алгоритм построения дизъюнктивно-конъюнктивных разложений систем полностью определенных булевых функций. В работе [2] показано, что применение дизъюнктивно-конъюнктивных разложений при синтезе нерегулярных логических схем из библиотечных КМОП-элементов на этапе многоуровневой оптимизации в большинстве рассматривавшихся случаев привело к получению более эффективных схемных решений.

Основное отличие предлагаемого алгоритма от рассмотренного в [1] состоит в том, что компоненты связности отыскиваются не для пар функций, а для их подмножеств возможно большей размерности. Идея алгоритма состоит в выделении из системы из m функций, зависящих от n переменных, некоторой подсистемы функций (компоненты связности) и построении соответствующего дизъюнктивного разложения. Функции, не вошедшие в компоненту связности, образуют подсистему «остаток».

Пусть задан параметр связности ρ^1 (связность по областям единичных значений функций), ρ^0 (связность по областям нулевых значений функций) в процентах к общему числу наборов булева пространства.

Функции системы, конъюнкция всех столбцов значений которых имеет вес не ниже $w = \lfloor \rho^1 \times 2^n \rfloor$, ($\lfloor a \rfloor$ – ближайшее сверху целое к a), будем называть w -совместимыми.

Функцию будем называть w -совместимой с некоторой подсистемой, если конъюнкция ее столбца значений с конъюнкцией всех столбцов значений подсистемы имеет вес не ниже $w = \lfloor \rho^1 \times 2^n \rfloor$.

Шаг 1. Оценивается связность «по единицам» и «по нулям» столбцов значений функций и инверсий функций системы. Каждая из функций f^i рассматривается как в прямой f^i , так и инверсной \bar{f}^i форме.

Перебираются $C_{2m}^2 - m$, $m > 1$ всевозможных неупорядоченных пар функций текущей си-

стемы (пары $\{f^i, f^j\}$, $\{\bar{f}^i, \bar{f}^j\}$, $\{f^i, \bar{f}^j\}$ не рассматриваются).

Шаг 2. Формирование первой подсистемы. Первую пару образуют функции с максимальным значением ρ^1 , если таких пар несколько – выбирается первая из них. Выбранные функции помечаются. Затем происходит процесс наращивания множества функций подсистемы. На каждом шаге последовательно перебираются непомеченные функции и в формируемую подсистему добавляется первая функция (либо ее инверсия), не нарушающая условия w -совместимости.

Процесс добавления прекращается, если среди непомеченных функций не осталось w -совместимых с формируемой подсистемой функций.

Полученная подсистема имеет не менее ρ^1 наборов, на которых все функции подсистемы имеют единичное значение. Для полученной подсистемы проводится дизъюнктивное разложение. Частичные функции (остатки, входящие в дизъюнктивное разложение подсистемы) раздельно минимизируются в классе ДНФ по критерию «число литералов».

Шаг 3. Формирование второй подсистемы. Из исходной системы удаляются помеченные функции. Для оставшихся функций находится подсистема для конъюнктивного разложения. Процесс аналогичен шагу 2 с заменой критерия $\rho^1 \times 2^n$ на $\rho^0 \times 2^n$.

Шаг 4. Если среди оставшихся пар максимальную связность имеет пара по «нулям», то в данную пару добавляются функции для конъюнктивного разложения. Процесс добавления прекращается, если нельзя добавить функцию без нарушения ограничения ρ^0 . Для данной подсистемы проводится конъюнктивное разложение. Частичные функции минимизируются в классе ДНФ раздельно.

Шаг 5 (итеративный). Такой процесс формирования подсистем продолжается до тех пор, пока все функции (либо их инверсии) не будут размещены по подсистемам, либо когда останутся пары, не удовлетворяющие связности ни по ρ^1 ,

ни по ρ^0 . Оставшиеся функции образуют подсистему «остаток».

I. ОРГАНИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследование проводилось в системе FLC [3]. В качестве объектов исследования использовались функциональные описания (системы полностью определенных булевых функций) проектируемых схем, представленные на языке SF [4], который является внутренним языком системы FLC. Исходные функциональные описания схем взяты из библиотеки примеров Berkeley PLA Test Set [5]. Всего для каждого примера рассматривалось два варианта построения логической схемы. В первом случае программы построения дизъюнктивного разложения не использовались. Этому варианту в таблице 1 соответствует столбец с обозначением A1. При втором варианте (столбец таблицы 1 с обозначением A2) применялась многошаговая процедура. На первом шаге проводилось построение дизъюнктивного разложения. В результате получалось многоуровневое SF-описание, каждый уровень которого задавался алгебраическим выражением. После этого осуществлялась конвертация многоуровневых SF-описаний в синтезируемые алгоритмические VHDL-описания. После этапа конвертации выполнялся второй этап – технологическое отображение оптимизированного многоуровневого в заданный базис библиотечных логических элементов, выполненных по КМОП-технологии. Для этого использовался программный пакет LeonardoSpectrum. В результате получалась структурное VHDL-описание (нетлист) комбинационной схемы, реализующей исходную систему функций. Основным критериям при оптимизации схем являлось число ячеек (cell), занимаемых полученным блоком.

II. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Результаты экспериментального исследования представлены в таблице 1. В приведенной таблице

через k обозначено число элементарных конъюнкций в исходной системе;

через P - параметр, задающий процент числа функций, вошедших в компоненту связности, к общему числу функций исходной системы;

через fun - число элементарных конъюнкций в общей части разложения; через os - число элементарных конъюнкций в остатке;

через cells - число макроячеек в полученной схеме. Как следует из приведенной таблицы, использование программы дизъюнктивного разложения (для примера Max1024 при $P=4$) привело к сокращению числа ячеек в схеме на 5,5 процентов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Уменьшить площадь получаемых в процессе синтеза комбинационных нерегулярных логических схем можно с помощью логической оптимизации исходных описаний. Хорошим средством для улучшения конечных схемных решений может служить предварительная обработка исходных систем с помощью программ построения дизъюнктивных разложений. Проведенное исследование показало, что использование разработанных программных средств может сократить площадь получаемых схем до 5,5 процентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бибило, П. Н. Дизъюнктивно-конъюнктивные разложения систем полностью определенных булевых функций / П. Н. Бибило, С. Н. Кардаш / Докл. Восьмой Междунар. науч. конф. «Танаевские чтения», 27–30 марта 2018 г. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2018 г. – С. 28–32.
2. Кардаш, С. Н. Экспериментальное исследование алгоритмов дизъюнктивно-конъюнктивного разложения систем полностью определенных булевых функций / С. Н. Кардаш / Тр. междунар. науч. конф. «Информационные технологии и системы 2018», 25 октября 2018 г., Минск. – Минск: БГУИР, 2018. – С. 160–161.
3. 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.
4. Бибило, П.Н. Кремниевая компиляция заказных СБИС. - Минск: Институт технической кибернетики АН Беларуси, 1996. - 268 с.
5. 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	n	k	m	P	fun	os	A1	A2
							cells	cells
Max512	9	512	6	100	29	483	581	552
Max512	9	512	6	50	113	504	581	544
Max512	9	512	6	25	159	506	581	529
Max512	9	512	6	17	270	503	581	525
Max1024	10	1024	6	100	58	966	1411	1372
Max1024	10	1024	6	50	226	1008	1411	A1
Max1024	10	1024	6	25	318	1012	1411	1338
Max1024	10	1024	6	17	540	1006	1411	1351