СИНТЕЗ КОМБИНАЦИОННЫХ СХЕМ НА ОСНОВЕ МИНИМИЗАЦИИ ДИЗЪЮНКТИВНЫХ НОРМАЛЬНЫХ ФОРМ КОНЕЧНЫХ ПРЕДИКАТОВ

Бибило П. Н., Романов В. И.
Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси
Минск, Республика Беларусь
E-mail: {bibilo, rom}@newman.bas-net.by

Предлагается проводить минимизацию в классе ДНФ конечных предикатов для оптимизации функциональных описаний блоков комбинационной логики, реализуемых в составе заказных цифровых СБИС.

Введение

Исходными функциональными описаниями комбинационной логики обычно являются те или иные формы задания систем полностью либо не полностью определенных (частичных) булевых функций. Однако для арифметических устройств и устройств модулярной арифметики [1] функции проектируемых комбинационных схем могут представляться в виде системы полностью определенных либо частичных конечных предикатов – двоичных (0,1) функций конечнозначных аргументов, представляемых целыми неотрицательными числами.

I. Пример минимизации системы конечных предикатов

Рассмотрим умножитель чисел по модулю 5. Умножение по модулю p_i (основание модулярной вычислительной системы) для двух неотрицательных чисел (операндов) a, b, находящихся в диапазоне $\{0, 1, ..., p_i - 1\}$ выполняется согласно формуле

$$\mid a \times b \mid_{p_i} = (a \times b) - \left\lfloor \frac{a \times b}{p_i} \right\rfloor ,$$

где через $\lfloor k \rfloor$ обозначена целая часть числа, т.е. ближайшее целое, меньшее либо равное k . В случае, если $(a \times b) < p_i$, то $\mid a \times b \mid_{p_i} = a \times b$. Число N двоичных разрядов, представляющих числа a, b определяется по формуле $N = \lceil \log_2 a \rceil$, где через $\lceil A \rceil$ обозначается ближайшее целое, большее либо равное A. Аналогично, число M двоичных разрядов, представляющих числа $\{0,1,\ldots, p_i - 1\}$ определяется по формуле $M = \lceil \log_2 p_i \rceil$. В табл. 1 представлена система трех частичных конечных предикатов $y_0(a, b)$, $y_1(a, b)$, $y_2(a, b)$, задающая умножитель по модулю 5 (p_i=5), числа (аргументы, переменные) a, b принимают значения из диапазона 0, 1, 2, 3, 4. Неопределенные значения предикатов y_0, y_1, y_2 обозначены символом «–». Запись $a^{\{i\}} b^{\{j\}}$ означает, что входная переменная a принимает значение i, входная переменная b – значение j. При программной реализации используется унарное кодирование значений аргументов предикатов.

Таблица 1 – Умножитель по модулю 5

Аргументы предикатов		Задание векторами	Значения предикатов
a	b	a b	$y_0 y_1 y_2$
$a^{\{0\}}$	$b^{\{0\}}$	10000000 10000000	0 0 0
$a^{\{0\}}$	$b^{\{1\}}$	10000000 01000000	0 0 0
$a^{\{0\}}$	$b^{\{2\}}$	10000000 00100000	0 0 0
$a^{\{0\}}$	$b^{\{3\}}$	10000000 00010000	0 0 0
$a^{\{0\}}$	$b^{\{4\}}$	10000000 00001000	0 0 0
$a^{\{1\}}$	$b^{\{0\}}$	01000000 10000000	0 0 0
$a^{\{1\}}$	$b^{\{1\}}$	01000000 01000000	0 0 1
$a^{\{1\}}$	$b^{\{2\}}$	01000000 00100000	0 1 0
$a^{\{1\}}$	$b^{\{3\}}$	01000000 00010000	0 1 1
$a^{\{1\}}$	$b^{\{4\}}$	01000000 00001000	1 0 0
$a^{\{2\}}$	$b^{\{0\}}$	00100000 10000000	0 0 0
$a^{\{2\}}$	$b^{\{1\}}$	00100000 01000000	0 1 0
$a^{\{2\}}$	$b^{\{2\}}$	00100000 00100000	1 0 0
$a^{\{2\}}$	$b^{\{3\}}$	00100000 00010000	0 0 1
$a^{\{2\}}$	$b^{\{4\}}$	00100000 00001000	0 1 1
$a^{\{3\}}$	$b^{\{0\}}$	00010000 10000000	0 0 0
$a^{\{3\}}$	$b^{\{1\}}$	00010000 01000000	0 1 1
$a^{\{3\}}$	$b^{\{2\}}$	00010000 00100000	0 0 1
$a^{\{3\}}$	$b^{\{3\}}$	00010000 00010000	1 0 0
$a^{\{3\}}$	$b^{\{4\}}$	00010000 00001000	0 1 0
$a^{\{4\}}$	$b^{\{0\}}$	00010000 10000000	0 0 0
$a^{\{4\}}$	$b^{\{1\}}$	00010000 01000000	1 0 0
$a^{\{4\}}$	$b^{\{2\}}$	00010000 00100000	0 1 1
$a^{\{4\}}$	$b^{\{3\}}$	00010000 00010000	0 1 0
$a^{\{4\}}$	$b^{\{4\}}$	00010000 00001000	0 0 1
$a^{\{0\}}$	$b^{\{5\}}$	10000000 00000100	– – –
. . .	. . .	. . . . . .	– – –
$a^{\{7\}}$	$b^{\{7\}}$	00000001 00000001	– – –

Проведем минимизацию в классе ДНФ частичных предикатов, заданных в табл. 1, получим следующие ДНФ:

$y_0 = a^{\{1\}} b^{\{4,5,6,7\}} \vee a^{\{2\}} b^{\{2,5,6,7\}} \vee a^{\{3\}} b^{\{3,5,6,7\}} \vee a^{\{4\}} b^{\{1,5,6,7\}}$; $y_1 = a^{\{2,3\}} b^{\{4,5,6,7\}} \vee a^{\{1,4\}} b^{\{2,3,5,6,7\}}$; $y_2 = a^{\{1\}} b^{\{1,3,5,6,7\}} \vee a^{\{1,2,5,6,7\}} b^{\{3\}} \vee a^{\{2\}} b^{\{3,4,5,6,7\}} \vee a^{\{3\}} b^{\{1,2,5,6,7\}} \vee a^{\{4\}} b^{\{2,4,5,6,7\}} \vee a^{\{2,4,5,6,7\}} b^{\{4\}}$.

Заметим, что элементарная конъюнкция $a^{\{1\}}b^{\{4,5,6,7\}}$ получается склеиванием соседних элементарных конъюнкций:

$a^{\{1\}}b^{\{4\}} \vee a^{\{1\}}b^{\{5\}} \vee a^{\{1\}}b^{\{6\}} \vee a^{\{1\}}b^{\{7\}} = a^{\{1\}}b^{\{4,5,6,7\}}$.

II. Схемная реализация минимизированных ДНФ конечных предикатов

Схемная реализация минимизированных ДНФ конечных предикатов на программируемой логической матрице (ПЛМ) с дешифраторами DC (с инверсными выходами) показана на рис. 1. ПЛМ содержит 12 промежуточных шин, на каждой из которых реализуется одна элементарная конъюнкция минимизированных ДНФ трех конечных предикатов. Подробное изложение перехода от ДНФ конечных предикатов к ПЛМ с многовходовыми дешифраторами рассмотрено в [2, с. 66]. Заметим, что минимизация частичных булевых функций в классе ДНФ дает 15 промежуточных шин «классической» ПЛМ с одновходовыми дешифраторами.

Заключение

Для раздельной минимизации ДНФ конечных предикатов разработана программа, реализующая метод, аналогичный методу Квайна [3] минимизации ДНФ частичных булевых функций. Проведение вычислений в этой программе основывается на использовании секционированных булевых векторов и матриц.

Предлагаемый подход, использующий минимизацию конечных предикатов в классе ДНФ, наряду с методами логической оптимизации систем булевых функций может быть использован при минимизации функциональных описаний блоков комбинационной логики заказных цифровых СБИС. Разработанная программа минимизации конечных предикатов может использоваться не только при схемной реализации блоков комбинационной логики СБИС, но и в экспертных системах [4] при решении задач распознавания объектов в пространстве конечномерных признаков.

III. Список литературы

1. Червяков, Н. И. Модулярные параллельные вычислительные структуры нейропроцессорных систем / Н. И. Червяков, П. А. Сахнюк, А. В. Шапошников, С. А.Ряднов. – М.: Физматлит, 2003. – 288 с.
2. Бибило, П. Н. Синтез комбинационных ПЛМ-структур для СБИС / П. Н. Бибило. - Минск: Наука и техника. – 1992. – 232 с.
3. Закревский, А. Д. Логические основы проектирования дискретных устройств / А. Д. Закревский, Ю. В. Поттосин, Л. Д. Черемисинова. – М.: Физматлит, 2007. – 592 с.
4. Закревский, А. Д. ЭКСИЛОР – экспертная система логического распознавания / А. Д. Закревский // Управляющие системы и машины. – 1992. – № 5/6. – С. 118–124.

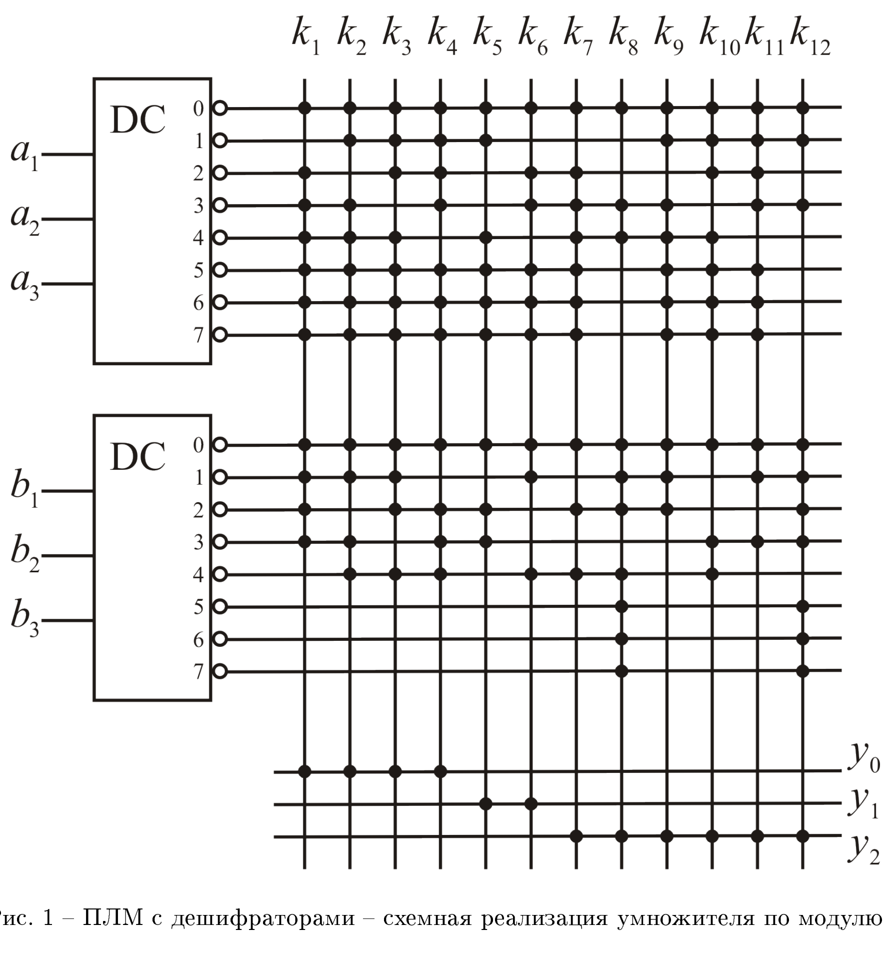

Рис. 1 – ПЛМ с дешифраторами – схемная реализация умножителя по модулю 5