

МЕТОД КОДИРОВАНИЯ НАБОРОВ ФРАГМЕНТА ПЕРЕМЕННЫХ

Баркалов А.А., Ахмад Фуад Бадер, Бабаков Р.М.

Университет Зеленогурский (Польша),
Донецкий национальный технический университет
a.barkalov@iie.uz.zgora.pl

Abstract

Barkalov A.A., Ahmad Fuad Bader, Babakov R.M. The method of optimization of hardware in digital devices with coding of variables and heterogeneous structure is described. Analytical dependences of effectiveness and results of research of offered method are received.

Введение

Сегодня при проектировании цифровых устройств часто используется гетерогенный элементный базис, позволяющий снизить стоимость отдельных узлов и устройства в целом. В качестве такого базиса часто используется комбинация «ПЛМ+ПЗУ», допускающая применение метода кодирования наборов переменных.

Для оптимизации аппаратных затрат в схеме устройства в настоящей работе предлагается метод кодирования наборов фрагмента переменных, основанный на методе кодирования наборов переменных и приводящий к структурной модификации устройства.

В работе дано аналитическое обоснование эффективности предлагаемого метода, а также рассмотрены результаты экспериментальных исследований, определяющих область его эффективного применения.

1. Гетерогенная организация логических схем

Важным структурным элементом цифровых устройств являются устройства управления, которые могут быть реализованы в виде цифровых автоматов [1]. Минимизация аппаратных затрат в логических схемах цифровых автоматов является актуальной задачей для промышленности средств вычислительной техники.

Для оптимизации аппаратных затрат в схемах автоматов в настоящее время применяется ряд методов, в частности основанных на кодировании наборов переменных (кодирование наборов микроопераций,

кодирования классов псевдоэквивалентных состояний и т.д.) [2, 3]. Обычно в таких случаях применяется гетерогенная реализация логической схемы устройства, приводящая в общем случае к уменьшению стоимости схемы. При этом коды наборов формируются комбинационной схемой на базе ПЛУ, а для преобразования кодов используется базис ПЗУ [2, 4, 5] (рис. 1). Здесь код D набора формируется ПЛУ на основании множества аргументов X и используется схемой ПЗУ для формирования множества переменных Y .

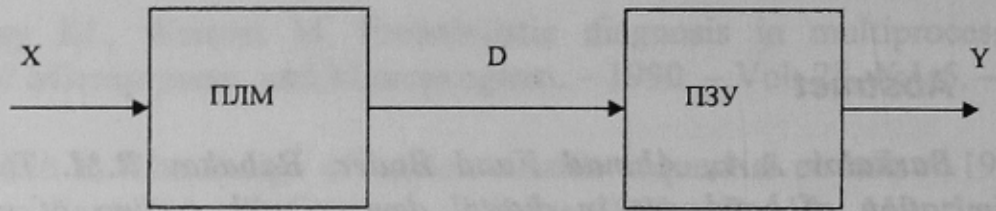


Рисунок 1 - Схема формирования переменных с использованием кодирования наборов

Если считать, что число аргументов для формирования кода набора равно L , а множество переменных в наборе равно N , то число бит ПЛМ можно определить как суммарную площадь матриц «И» и «ИЛИ» [3, 4]:

$$V_{\text{ПЛМ}} = 2^{2L} \cdot Q + Q \cdot R, \quad (1)$$

где Q – общее число термов ПЛМ, R – разрядность кода набора переменных.

Аналогично можно определить полную емкость ПЗУ дешифратора, считая, что число формируемых переменных равно N :

$$V_{\text{ПЗУ}} = 2^R \cdot N. \quad (2)$$

Пусть k_1 – стоимостной коэффициент, позволяющий перевести информационную емкость ПЛМ в ее стоимость, k_2 – аналогичный коэффициент для ПЗУ. Тогда стоимость логической схемы фрагмента, изображенного на рис. 1, может быть определена как

$$S = k_1(2^{2L} \cdot Q + Q \cdot R) + k_2 2^R N. \quad (3)$$

2. Метод кодирования наборов фрагмента переменных

Пусть в схеме на рис. 1 содержимое ПЗУ дешифратора наборов соответствует таблице 1. Очевидно, что здесь среди $N=8$ микроопераций мы имеем $W=9$ наборов микроопераций, для задания которых ПЛМ должна сформировать код разрядности $R = \lceil \log_2 W \rceil = 4$. При этом полная емкость ПЗУ будет равна $8 \cdot 2^4 = 128$ бит.

Для уменьшения аппаратных затрат в схеме формирования переменных предлагается метод кодирования наборов фрагмента переменных, заключающийся в следующем.

Поскольку от изменения порядка следования строк и столбцов смысл таблицы 1 принципиально не изменится, расположим строки и столбцы так, как показано в таблице 2.

Если рассматривать первые $N_1=6$ столбцов таблицы 2, в них можно выделить $W_1=4$ набора переменных: $Y_1=\{\}$, $Y_2=\{y_1, y_3, y_5\}$, $Y_3=\{y_2, y_7\}$, $Y_4=\{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5\}$. Для их кодирования достаточно

$$R_1 = \lceil \log_2 W_1 \rceil \quad (4)$$

переменных (в случае таблицы 2 $R_1=2$).

Таблица 1

Содержимое ПЗУ дешифратора наборов

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₆	Y ₇	Y ₈
a ₁	1	0	1	0	1	1	0	0
a ₂	0	0	0	0	0	1	0	1
a ₃	1	1	1	1	1	1	0	0
a ₄	0	0	0	0	0	0	0	1
a ₅	0	1	0	0	0	0	1	0
a ₆	0	1	0	0	0	0	1	1
a ₇	0	0	0	0	0	1	0	0
a ₈	0	1	0	0	0	1	1	1
a ₉	1	0	1	0	1	0	0	1

Таблица 2

Преобразованная таблица дешифратора наборов

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅	Y ₇	Y ₆	Y ₈
a ₂	0	0	0	0	0	0	1	1
a ₄	0	0	0	0	0	0	0	1
a ₇	0	0	0	0	0	0	1	0
a ₁	1	0	1	0	1	0	1	0
a ₉	1	0	1	0	1	0	0	1
a ₅	0	1	0	0	0	1	0	0
a ₆	0	1	0	0	0	1	0	1
a ₈	0	1	0	0	0	1	1	1
a ₃	1	1	1	1	1	0	1	0

Назовем подмножество переменных, составляющих первые 6 столбцов таблицы 2, *фрагментом переменных* (ФП), размер которого равен N_1 переменных. Организуем ПЛМ так, чтобы она формировала $R_1=2$ разряда кода набора в выбранном ФП, а также 2 разряда, унитарно задающих не вошедшие во фрагмент переменные y_6 и y_8 . При этом ПЛМ,

как и ранее, будет формировать 4 разряда, то есть ее информационная емкость существенно не изменится. На рисунке 2 изображена структура устройства, использующего предлагаемый метод.

3. Оценка эффективности метода

Рассмотрим особенности оценки эффективности предложенного метода кодирования наборов фрагмента переменных.

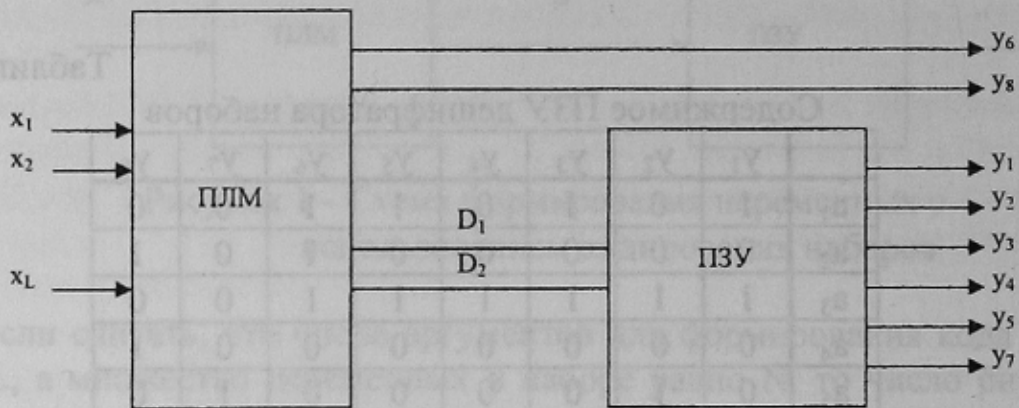


Рисунок 2 - Схема формирования переменных с использованием кодирования наборов фрагмента

Разряды, кодирующие наборы переменных внутри фрагмента, поступают на ПЗУ дешифратора наборов. Поскольку для кодирования наборов внутри фрагмента достаточно 2 разряда, то ПЗУ в этом случае имеет $R_1=2$ входа и $N_1=6$ выходов, а его емкость равна

$$V_{\text{ПЗУ}}^1 = N_1 \cdot 2^{R_1} \quad (5)$$

и составит $6 \cdot 2^2 = 24$ бит, что в данном случае в 5.33 раза меньше, чем в случае схемы без использования кодирования наборов фрагмента.

Для того, чтобы оценить, насколько выигрыш в уменьшении емкости ПЗУ повлиял на уменьшение стоимости системы «ПЛМ+ПЗУ», необходимо рассмотреть отношение стоимостей, рассчитанных по формуле (3), определив тем самым коэффициент K_S , показывающий относительный выигрыш в стоимости схемы при использовании метода кодирования наборов фрагмента переменных:

$$K_S = \frac{k_1(2^{2L} \cdot Q + Q \cdot R) + k_2 2^R N}{k_1(2^{2L} \cdot Q_1 + Q_1 \cdot (R_1 + N - N_1)) + k_2 2^{R_1} N_1} \quad (6)$$

Здесь Q_1 – число внутренних термов в ПЛМ схемы рис. 2. Несмотря на то, что ПЛМ в схемах на рис. 1 и 2 формируют одинаковое количество

функций, эти функции различны, то есть для их формирования требуется в общем случае различное количество внутренних термов. Следовательно, применение метода кодирования наборов фрагмента может привести как к увеличению числа внутренних термов ПЛМ, так и к их уменьшению, что соответствующим образом отразится на стоимости ПЛМ. Этот факт может быть учтен лишь для конкретной системы функций.

4. Исследование эффективности метода

Для определения эффективности предлагаемого метода исследуем зависимость коэффициента K_S от аргументов функции (6). При этом будем считать, что величины R, N, R_1, N_1 будут взяты согласно таблицам 1 и 2. В качестве изменяемых аргументов выделим величины L, Q, Q_1 и отношение стоимостных коэффициентов k_1/k_2 , причем примем для нашего примера $L=3, Q=Q_1=10, k_1/k_2=5$. Отметим, что при данных параметрах $K_S=1.030$, то есть выигрыш составляет 3%.

Определим зависимость коэффициента K_S от числа входов ПЛМ при изменении их количества от 1 до 10. Результаты расчетов показаны в таблице 3. Очевидно, что с увеличением числа входов ПЛМ выигрыш от уменьшения емкости ПЗУ стремится к нулю.

Таблица 3
Зависимость коэффициента K_S от числа входов ПЛМ

L	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_S	1,24	1,10	1,03	1,007	1,002	1,001	1,000	1,000	1,000	1,000

Определим зависимость K_S от соотношения коэффициентов k_1/k_2 . Данное соотношение может иметь широкий разброс значение в зависимости от типа и информационной емкости используемых микросхем, однако обычно стоимость ПЗУ не может превышать стоимость ПЛМ ($k_1/k_2 \geq 1$). Результаты расчетов представлены таблицей 4. Очевидно, что при увеличении величины k_1/k_2 от 1 до 10 в нашем примере выигрыш снижается с 14,7% до 1,5%.

Таблица 4
Зависимость коэффициента K_S от соотношения k_1/k_2

k_1/k_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_S	1,147	1,075	1,050	1,038	1,030	1,025	1,022	1,019	1,017	1,015

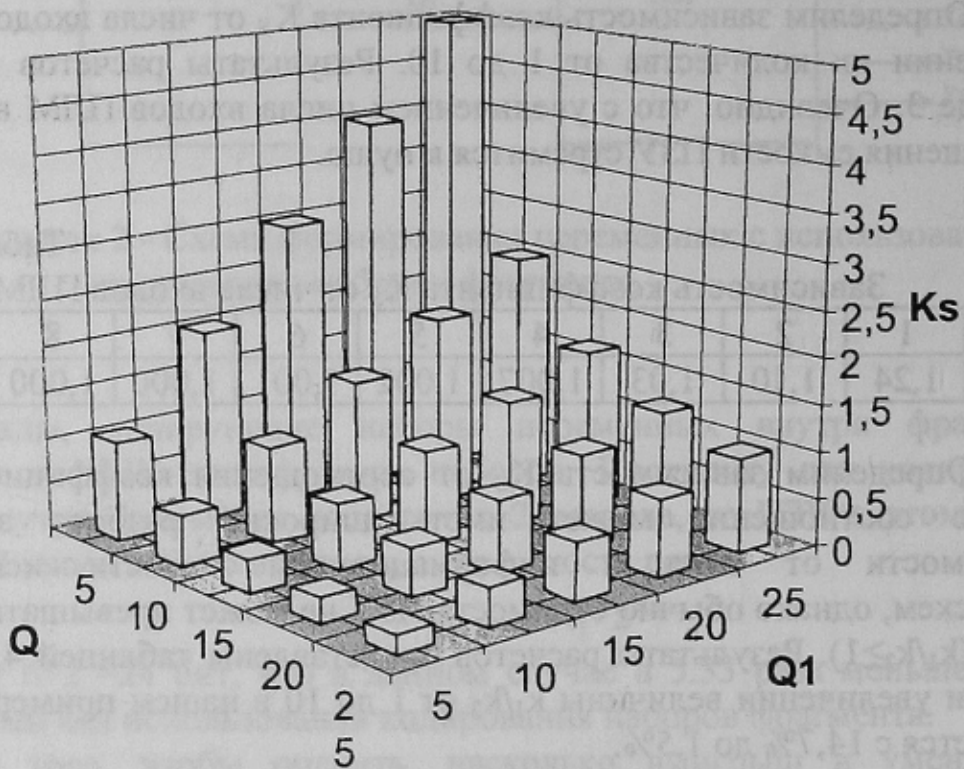
Определим зависимость K_S от количества внутренних термов исходной и результирующей ПЛМ. Результаты представлены таблицей 5, а ее графическая имплементация дана на рис. 3. Отметим, наиболее

вероятные значения K_S группируются в таблице вдоль главной диагонали (при $Q \approx Q_1$).

Таблица 5

Зависимость K_S от числа внутренних термов ПЛМ

$Q \backslash Q_1$	5	10	15	20	25
5	1,06	0,53	0,35	0,26	0,21
10	2,04	1,03	0,69	0,52	0,41
15	3,03	1,53	1,02	0,77	0,61
20	4,01	2,02	1,35	1,02	0,81
25	5,00	2,52	1,68	1,26	1,01

Рисунок 3 - Зависимость K_S от числа внутренних термов ПЛМ

Заключение

Таким образом, использование предлагаемого авторами метода кодирования наборов фрагмента переменных позволяет уменьшить емкость ПЗУ дешифратора наборов без изменения числа выходов ПЛМ. Изменение числа внутренних термов ПЛМ оказывает значительное

влияние на стоимостной коэффициент, и данный факт следует учитывать при применении предложенного метода.

Литература

1. Baranov S. Logic Synthesis for Control Automata. – Kluwer Academic Publishers, 1994. – 312 pp.
2. Баркалов А. А., Палагин А.В. Синтез микропрограммных устройств управления. – Киев: ИК НАН Украины, 1997. – 136 с.
3. Баркалов А.А. Синтез устройств управления на программируемы логических устройствах. – Донецк: ДНТУ, 2002. – 262 с.
4. Соловьев В.В. Проектирование цифровых систем с использованием программируемых логических интегральных схем. – Москва: Горячая линия - Телеком, 2001. – 636 с.
5. Грушницкий Р.И., Мурзаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем с использованием микросхем программируемой логики. – Петербург:БХВ – 2002. – 636 с.

Дата надходження до редакції 20.05.2005 р.