

А.В. ГРИГОРЯН

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА УКРУПНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ВРЕМЕНИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СХЕМ

Описывается метод укрупнения элементов схемы, применяемый в целях сокращения времени ее функционального моделирования. Показана эффективность данного метода на примере тестировочных логических схем ISCAS85.

Ключевые слова: схема, укрупнение, моделирование, элемент, запись, метка.

Введение. Современные интегральные схемы (ИС) содержат огромное количество элементов, что приводит к затрате больших временных ресурсов при их моделировании. В связи с этим актуальной становится проблема уменьшения количества элементов ИС при условии сохранения функционального смысла схемы. Одним из решений этой проблемы является метод укрупнения элементов схемы. Опыт показывает, что современные ИС содержат многократно встречающиеся подсхемы, отличающиеся друг от друга только входными значениями. Замена таких подсхем одним элементом и является сутью метода укрупнения элементов схемы. Вышеуказанный метод реализован на схемах, описанных на языке построчной записи ИС Alex [1 - 5].

Запись схемы рисунка на языке Alex имеет вид

$$\begin{aligned} & \text{Nand}(2)\text{Nand}(2)x_1(0)M_3(1)x_3(0)M_1(1)\text{Nand}(2)x_2(0)M_2(1)\text{Nand}(2)M_3(0)x_6(0) \quad (1) \\ & \text{Nand}(2)\text{Nand}(2)M_2(0)x_7(0)M_1(0) \end{aligned}$$

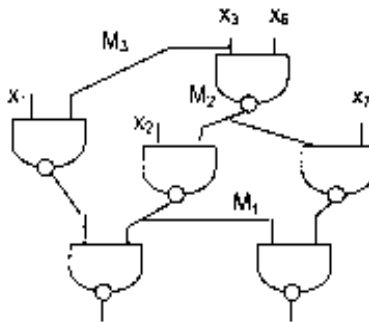


Рис.

1. Функциональное моделирование схемы. Пусть схема S имеет входы x_1, \dots, x_n и выходы y_1, \dots, y_m . Под функциональным моделированием понимается процедура нахождения значений на выходах схемы, если известны входные значения схемы $(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$. Моделирование осуществляется путем применения нижеследующих процедур (в любом порядке) на запись схемы:

1. Отрезок $f^{(n)} \alpha_1 \dots \alpha_n$ заменяется на значение функции $f(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$.
2. $M_i(1)\alpha$ и $M_i(0)$ заменяются на α .

В результате получают выходные значения.

В качестве примера рассмотрим запись (1). Присвоим входам $x(0), x_2(0), x_3(0), x_6(0)$ и $x_7(0)$ значения 1, 1, 0, 1 и 0 соответственно. Запись примет следующий вид:

$Nand(2)Nand(2)1M_3(1)0M_1(1)Nand(2)1M_2(1)Nand(2)M_3(0)1Nand(2)Nand(2)M_2(0)0M_1(0)$.

Процесс применения процедур 1 и 2 следующий:

$Nand(2)Nand(2)10M_1(1)Nand(2)1M_2(1)Nand(2)10Nand(2)Nand(2)M_2(0)0M_1(0)$

$Nand(2)1M_1(1)Nand(2)1M_2(1)1Nand(2)Nand(2)M_2(0)0M_1(0)$

$Nand(2)1M_1(1)0Nand(2)1M_1(0)0$

$Nand(2)10Nand(2)10$

1 1.

Полученные в результате значения 1 1 и являются выходными значениями схемы.

2. Описание метода укрупнения элементов схемы. Исходя из вышеописанного, нетрудно сделать вывод, что время моделирования прямо пропорционально количеству символов в записи схемы. Следовательно, для сокращения данного времени целесообразным становится поиск путей уменьшения объема записи схемы без изменения ее функционального смысла. Во многих случаях эту проблему можно эффективно решить путем укрупнения элементов схемы. Осуществить это можно, последовательно применяя следующие три процедуры:

1. Разложить запись схемы по уровням меток.
2. Найти функционально идентичные подсхемы, отличающиеся друг от друга (быть может) входами, и заменить их одним новым элементом.
3. Подсчитать и сохранить в таблице выходные значения для всех 2^n наборов $(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ нового элемента, где n – число входов этого элемента.

В качестве примера рассмотрим запись схемы (1) с пятью входами $x(0), x_2(0), x_3(0), x_6(0), x_7(0)$ и двумя выходами y_1 и y_2 .

Применяя процедуру 1, получим

$$\begin{aligned}
 y_1 &= Nand(2)Nand(2)x(0)M_3(0)M_1(0) \\
 y_2 &= Nand(2)Nand(2)M_2(0)x_7(0)M_1(0) \\
 M_1(1) &= Nand(2)x_2(0)M_2(0) \\
 M_2(1) &= Nand(2)M_3(0)x_6(0) \\
 M_3(1) &= x_3(0).
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Нетрудно заметить, что y_1 и y_2 имеют одинаковую структуру и отличаются друг от друга лишь входами, а именно, $x(0)M_3(0)M_1(0)$ в случае y_1 и $M_2(0)x_7(0)M_1(0)$ в случае y_2 . Заменяем в записи (1) все фрагменты $Nand(2)Nand(2)z_1(0)z_2(0)z_3(0)$ на $f(3)z_1(0)z_2(0)z_3(0)$, где $z_1(0), z_2(0)$ и $z_3(0)$ - соответствующие входы или нулевые метки, а f - имя нового элемента, получившегося после укрупнения. Также подсчитаем и сохраним в таблице выходные значения для всех 2^3 наборов $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$ данного фрагмента.

После вышеописанных действий выражение (2) примет следующий вид:

$$\begin{aligned} y_1 &= f(3) x(0)M_3(0)M_1(0) \\ y_2 &= f(3) M_2(0)x_7(0)M_1(0) \\ M_1(1) &= Nand(2)x_2(0)M_2(0) \\ M_2(1) &= Nand(2)M_3(0)x_6(0) \\ M_3(1) &= x_3(0). \end{aligned} \quad (3)$$

Переведем (3) на язык Alex, имеем

$$f(3)x(0)M_3(1)x_3(0)M_1(1)Nand(2)x_2(0)M_2(1)Nand(2)M_3(0)x_6(0)f(3)M_1(0)x_7(0)M_2(0).$$

Время моделирования схемы после применения метода укрупнения элементов сокращается за счет нескольких факторов. Во-первых, значения часто встречающихся фрагментов каждый раз не вычисляются, а берутся из таблиц, созданных заранее, т.е. сначала создается таблица для всех 2^n наборов $(\alpha_1, \dots, \alpha_n)$ укрупненного элемента с соответствующими ему выходными значениями. При дальнейшем моделировании значения этих элементов заново не подсчитываются, а извлекаются из таблицы. Вторым немаловажным фактором является сокращение объема записи схемы.

Благоприятствующим фактором в процессе сокращения объема записи схемы является и то, что иногда структурно различные подсхемы реализуют одну и ту же функцию. В качестве примера рассмотрим следующие две схемы:

$$\begin{aligned} z_1 &= And(2)Nand(2)x_1(0)M_3(0)M_1(0) \\ z_2 &= And(2)M_1(0)Nand(2)x_1(0)M_3(0). \end{aligned}$$

Путем несложных преобразований можно убедиться в идентичности этих схем. Это происходит благодаря коммутативности функции $And(2)$, а именно, в случае z_1 аргументами функции $And(2)$ являются $Nand(2)x_1(0)M_3(0)$ и $M_1(0)$, а в случае z_2 - $M_1(0)$ и $Nand(2)x_1(0)M_3(0)$. При этом очередность аргументов не влияет на конечный результат. Коммутативность можно использовать также на уровне аргументов-функций. Нетрудно убедиться, что нижеследующие схемы z_1 и z_2 также идентичны:

$$\begin{aligned} z_1 &= And(2)Nand(2)x_1(0)Or(2)M_3(0)x_2(0)M_1(0) \\ z_2 &= And(2)M_1(0)Nand(2)Or(2)M_3(0)x_2(0)x_1(0). \end{aligned} \quad (4)$$

Однако при замене таких подсхем одной функцией возникает проблема с заданием очередности аргументов. Так, в схеме z_1 (4) аргумент $x_1(0)$ является первым, а в z_2 - третьим. Для разрешения этой проблемы была разработана "стандартная" форма для таких "коммутативно - идентичных" функций, а именно, введен приоритет для аргументов: сначала идут "аргументы - функции", затем "простые" аргументы, а среди "аргументов - функций" приоритет установлен в алфавитном порядке (на английском языке). После вышеописанной стандартизации схемы z_1 и z_2 из (4) принимают вид

$$z_1 = z_2 = And(2)Nand(2)Or(2)M_3(0)x_2(0)x_1(0)M_1(0).$$

Метод укрупнения элементов схемы был апробирован на тестировочных функциональных схемах ISKAS85. Результаты этих экспериментов приведены в таблице, где N_1, N_2 – соответственно число элементов в записи схемы до и после применения метода; t_1, t_2 – соответственно время моделирования схемы до и после применения метода (100 случайных наборов).

Таблица

Название	N_1	N_2	t_1	t_2	N сокр. %	t сокр. %
c432_bench	396	327	0,85	0,75	17	12
c499_bench	466	298	1,00	0,65	36	35
c1355_bench	1322	938	4,06	2,00	29	51
c1908_bench	1875	1221	6,15	2,66	35	57
c2670_bench	2615	1765	10,46	4,80	33	54
c3540_bench	3494	2563	22,38	9,65	27	56
c5315_bench	5192	3236	113,31	13,42	38	88
c6288_bench	6256	4816	224,18	71,45	23	68
c7552_bench	7475	4604	284,46	47,02	38	83

Для большей наглядности эффективности метода укрупнения элементов приведем записи на языке Alex одной и той же схемы c499_bench до и после применения вышеуказанного метода.

До применения метода:

```
# combinational logic example "c499"
# -----
#      lines from primary input  gates .....  41
#      lines from primary output gates .....  32
#
XOR(2)X_Gid0(0)AND(2)M_Gs0(1)XOR(2)XOR(2)XOR(2)X_Gid0(0)X_Gid4(0)XOR(2)X_Gid8(0)X
_Gid12(0)XOR(2)AND(2)X_Gic0(0)X_Gr(0)XOR(2)M_Gf4(1)XOR(2)XOR(2)X_Gid16(0)X_Gid17(0)X
OR(2)X_Gid18(0)X_Gid19(0)M_Gf5(1)XOR(2)XOR(2)X_Gid20(0)X_Gid21(0)XOR(2)X_Gid22(0)X_Gi
d23(0)M_Gwa(1)AND(5)M_Gs4(1)XOR(2)XOR(2)XOR(2)X_Gid16(0)X_Gid20(0)XOR(2)X_Gid24(0)X
_Gid28(0)XOR(2)AND(2)X_Gic4(0)X_Gr(0)XOR(2)M_Gf0(1)XOR(2)XOR(2)X_Gid0(0)X_Gid1(0)XO
R(2)X_Gid2(0)X_Gid3(0)M_Gf1(1)XOR(2)XOR(2)X_Gid4(0)X_Gid5(0)XOR(2)X_Gid6(0)X_Gid7(0)N
OT(1)M_Gs5(1)XOR(2)XOR(2)XOR(2)X_Gid17(0)X_Gid21(0)XOR(2)X_Gid25(0)X_Gid29(0)XOR(2)
AND(2)X_Gic5(0)X_Gr(0)XOR(2)M_Gf2(1)XOR(2)XOR(2)X_Gid8(0)X_Gid9(0)XOR(2)X_Gid10(0)X
_Gid11(0)M_Gf3(1)XOR(2)XOR(2)X_Gid12(0)X_Gid13(0)XOR(2)X_Gid14(0)X_Gid15(0)M_Gs6(1)XOR
(2)XOR(2)XOR(2)X_Gid18(0)X_Gid22(0)XOR(2)X_Gid26(0)X_Gid30(0)XOR(2)AND(2)X_Gic6(0)X
_Gr(0)XOR(2)M_Gf0(0)M_Gf2(0)NOT(1)M_Gs7(1)XOR(2)XOR(2)XOR(2)X_Gid19(0)X_Gid23(0)XOR
(2)X_Gid27(0)X_Gid31(0)XOR(2)AND(2)X_Gic7(0)X_Gr(0)XOR(2)M_Gf1(0)M_Gf3(0)M_Gu0(1)OR(4
)AND(4)NOT(1)M_Gs0(0)NOT(1)M_Gs1(1)XOR(2)XOR(2)XOR(2)X_Gid1(0)X_Gid5(0)XOR(2)X_Gi
d9(0)X_Gid13(0)XOR(2)AND(2)X_Gic1(0)X_Gr(0)XOR(2)M_Gf6(1)XOR(2)XOR(2)X_Gid24(0)X_Gid
25(0)XOR(2)X_Gid26(0)X_Gid27(0)M_Gf7(1)XOR(2)XOR(2)X_Gid28(0)X_Gid29(0)XOR(2)X_Gid30(
0)X_Gid31(0)NOT(1)M_Gs2(1)XOR(2)XOR(2)XOR(2)X_Gid2(0)X_Gid6(0)XOR(2)X_Gid10(0)X_Gid1
4(0)XOR(2)AND(2)X_Gic2(0)X_Gr(0)XOR(2)M_Gf4(0)M_Gf6(0)M_Gs3(1)XOR(2)XOR(2)XOR(2)X
_Gid3(0)X_Gid7(0)XOR(2)X_Gid11(0)X_Gid15(0)XOR(2)AND(2)X_Gic3(0)X_Gr(0)XOR(2)M_Gf5(0)
M_Gf7(0)AND(4)NOT(1)M_Gs0(0)NOT(1)M_Gs1(0)M_Gs2(0)NOT(1)M_Gs3(0)AND(4)NOT(1)M_Gs
```

$0(0)M_{Gs1(0)}NOT(1)M_{Gs2(0)}NOT(1)M_{Gs3(0)}AND(4)M_{Gs0(0)}NOT(1)M_{Gs1(0)}NOT(1)M_{Gs2(0)}$
 $NOT(1)M_{Gs3(0)}XOR(2)X_{Gid1(0)}AND(2)M_{Gs1(0)}M_{Gwa(0)}XOR(2)X_{Gid10(0)}AND(2)M_{Gs2(0)}$
 $M_{Gwc(1)}AND(5)NOT(1)M_{Gs4(0)}M_{Gs5(0)}M_{Gs6(0)}NOT(1)M_{Gs7(0)}M_{Gu0(0)}XOR(2)X_{Gid11(0)}$
 $AND(2)M_{Gs3(0)}M_{Gwc(0)}XOR(2)X_{Gid12(0)}AND(2)M_{Gs0(0)}M_{Gwd(1)}AND(5)NOT(1)M_{Gs4(0)}$
 $M_{Gs5(0)}NOT(1)M_{Gs6(0)}M_{Gs7(0)}M_{Gu0(0)}XOR(2)X_{Gid13(0)}AND(2)M_{Gs1(0)}M_{Gwd(0)}XOR(2)$
 $X_{Gid14(0)}AND(2)M_{Gs2(0)}M_{Gwd(0)}XOR(2)X_{Gid15(0)}AND(2)M_{Gs3(0)}M_{Gwd(0)}XOR(2)X_{Gid}$
 $16(0)AND(2)M_{Gs4(0)}M_{Gwe(1)}AND(5)M_{Gs0(0)}NOT(1)M_{Gs1(0)}M_{Gs2(0)}NOT(1)M_{Gs3(0)}M_{Gu1}$
 $(1)OR(4)AND(4)NOT(1)M_{Gs4(0)}NOT(1)M_{Gs5(0)}NOT(1)M_{Gs6(0)}M_{Gs7(0)}AND(4)NOT(1)M_{Gs4}$
 $(0)NOT(1)M_{Gs5(0)}M_{Gs6(0)}NOT(1)M_{Gs7(0)}AND(4)NOT(1)M_{Gs4(0)}M_{Gs5(0)}NOT(1)M_{Gs6(0)}$
 $NOT(1)M_{Gs7(0)}AND(4)M_{Gs4(0)}NOT(1)M_{Gs5(0)}NOT(1)M_{Gs6(0)}NOT(1)M_{Gs7(0)}XOR(2)X_{Gi}$
 $d17(0)AND(2)M_{Gs5(0)}M_{Gwe(0)}XOR(2)X_{Gid18(0)}AND(2)M_{Gs6(0)}M_{Gwe(0)}XOR(2)X_{Gid19(0)}A$
 $ND(2)M_{Gs7(0)}M_{Gwe(0)}XOR(2)X_{Gid2(0)}AND(2)M_{Gs2(0)}M_{Gwa(0)}XOR(2)X_{Gid20(0)}AND(2)$
 $M_{Gs4(0)}M_{Gwf(1)}AND(5)M_{Gs0(0)}NOT(1)M_{Gs1(0)}NOT(1)M_{Gs2(0)}M_{Gs3(0)}M_{Gu1(0)}XOR(2)X$
 $_{Gid21(0)}AND(2)M_{Gs5(0)}M_{Gwf(0)}XOR(2)X_{Gid22(0)}AND(2)M_{Gs6(0)}M_{Gwf(0)}XOR(2)X_{Gid23(}$
 $0)AND(2)M_{Gs7(0)}M_{Gwf(0)}XOR(2)X_{Gid24(0)}AND(2)M_{Gs4(0)}M_{Gwg(1)}AND(5)NOT(1)M_{Gs0(0)}$
 $M_{Gs1(0)}M_{Gs2(0)}NOT(1)M_{Gs3(0)}M_{Gu1(0)}XOR(2)X_{Gid25(0)}AND(2)M_{Gs5(0)}M_{Gwg(0)}XOR(2)$
 $X_{Gid26(0)}AND(2)M_{Gs6(0)}M_{Gwg(0)}XOR(2)X_{Gid27(0)}AND(2)M_{Gs7(0)}M_{Gwg(0)}XOR(2)X_{Gi}$
 $d28(0)AND(2)M_{Gs4(0)}M_{Gwh(1)}AND(5)NOT(1)M_{Gs0(0)}M_{Gs1(0)}NOT(1)M_{Gs2(0)}M_{Gs3(0)}M_{G}$
 $u1(0)XOR(2)X_{Gid29(0)}AND(2)M_{Gs5(0)}M_{Gwh(0)}XOR(2)X_{Gid3(0)}AND(2)M_{Gs3(0)}M_{Gwa(0)}X$
 $OR(2)X_{Gid30(0)}AND(2)M_{Gs6(0)}M_{Gwh(0)}XOR(2)X_{Gid31(0)}AND(2)M_{Gs7(0)}M_{Gwh(0)}XOR(2)$
 $X_{Gid4(0)}AND(2)M_{Gs0(0)}M_{Gwb(1)}AND(5)M_{Gs4(0)}NOT(1)M_{Gs5(0)}NOT(1)M_{Gs6(0)}M_{Gs7(0)}$
 $M_{Gu0(0)}XOR(2)X_{Gid5(0)}AND(2)M_{Gs1(0)}M_{Gwb(0)}XOR(2)X_{Gid6(0)}AND(2)M_{Gs2(0)}M_{Gwb(0)}$
 $XOR(2)X_{Gid7(0)}AND(2)M_{Gs3(0)}M_{Gwb(0)}XOR(2)X_{Gid8(0)}AND(2)M_{Gs0(0)}M_{Gwc(0)}XOR(2)$
 $X_{Gid9(0)}AND(2)M_{Gs1(0)}M_{Gwc(0)}$

После применения метода:

$F1(3)X_{Gid0(0)}M_{Gs0(1)}F4(8)X_{Gid0(0)}X_{Gid4(0)}X_{Gid8(0)}X_{Gid12(0)}X_{Gic0(0)}X_{Gr(0)}M_{Gf4(1)}F$
 $3(4)X_{Gid16(0)}X_{Gid17(0)}X_{Gid18(0)}X_{Gid19(0)}M_{Gf5(1)}F3(4)X_{Gid20(0)}X_{Gid21(0)}X_{Gid22(0)}X_{G}$
 $id23(0)}M_{Gwa(1)}F5(5)M_{Gs5(1)}F4(8)X_{Gid17(0)}X_{Gid21(0)}X_{Gid25(0)}X_{Gid29(0)}X_{Gic5(0)}X_{Gr(0)}$
 $M_{Gf2(1)}F3(4)X_{Gid8(0)}X_{Gid9(0)}X_{Gid10(0)}X_{Gid11(0)}M_{Gf3(1)}F3(4)X_{Gid12(0)}X_{Gid13(0)}X_{Gid1}$
 $4(0)X_{Gid15(0)}M_{Gs7(1)}F4(8)X_{Gid19(0)}X_{Gid23(0)}X_{Gid27(0)}X_{Gid31(0)}X_{Gic7(0)}X_{Gr(0)}M_{Gf1(1)}$
 $)F3(4)X_{Gid4(0)}X_{Gid5(0)}X_{Gid6(0)}X_{Gid7(0)}M_{Gf3(0)}M_{Gs4(1)}F4(8)X_{Gid16(0)}X_{Gid20(0)}X_{Gid2}$
 $4(0)X_{Gid28(0)}X_{Gic4(0)}X_{Gr(0)}M_{Gf0(1)}F3(4)X_{Gid0(0)}X_{Gid1(0)}X_{Gid2(0)}X_{Gid3(0)}M_{Gf1(0)}M$
 $_{Gs6(1)}F4(8)X_{Gid18(0)}X_{Gid22(0)}X_{Gid26(0)}X_{Gid30(0)}X_{Gic6(0)}X_{Gr(0)}M_{Gf0(0)}M_{Gf2(0)}M_{Gu}$
 $0(1)F2(4)M_{Gs0(0)}M_{Gs1(1)}F4(8)X_{Gid1(0)}X_{Gid5(0)}X_{Gid9(0)}X_{Gid13(0)}X_{Gic1(0)}X_{Gr(0)}M_{Gf6(1)}$
 $)F3(4)X_{Gid24(0)}X_{Gid25(0)}X_{Gid26(0)}X_{Gid27(0)}M_{Gf7(1)}F3(4)X_{Gid28(0)}X_{Gid29(0)}X_{Gid30(0)}$
 $X_{Gid31(0)}M_{Gs2(1)}F4(8)X_{Gid2(0)}X_{Gid6(0)}X_{Gid10(0)}X_{Gid14(0)}X_{Gic2(0)}X_{Gr(0)}M_{Gf4(0)}M_{G}$
 $f6(0)}M_{Gs3(1)}F4(8)X_{Gid3(0)}X_{Gid7(0)}X_{Gid11(0)}X_{Gid15(0)}X_{Gic3(0)}X_{Gr(0)}M_{Gf5(0)}M_{Gf7(0)}F1$
 $(3)X_{Gid1(0)}M_{Gs1(0)}M_{Gwa(0)}F1(3)X_{Gid10(0)}M_{Gs2(0)}M_{Gwc(1)}F5(5)M_{Gs4(0)}M_{Gs7(0)}M_{Gs5(}$
 $0)M_{Gs6(0)}M_{Gu0(0)}F1(3)X_{Gid11(0)}M_{Gs3(0)}M_{Gwc(0)}F1(3)X_{Gid12(0)}M_{Gs0(0)}M_{Gwd(1)}F5(5)M$
 $_{Gs4(0)}M_{Gs6(0)}M_{Gs5(0)}M_{Gs7(0)}M_{Gu0(0)}F1(3)X_{Gid13(0)}M_{Gs1(0)}M_{Gwd(0)}F1(3)X_{Gid14(0)}M$
 $_{Gs2(0)}M_{Gwd(0)}F1(3)X_{Gid15(0)}M_{Gs3(0)}M_{Gwd(0)}F1(3)X_{Gid16(0)}M_{Gs4(0)}M_{Gwe(1)}F5(5)M_{Gs1}$
 $(0)M_{Gs3(0)}M_{Gs0(0)}M_{Gs2(0)}M_{Gu1(1)}F2(4)M_{Gs4(0)}M_{Gs5(0)}M_{Gs6(0)}M_{Gs7(0)}F1(3)X_{Gid17(0)}$
 $M_{Gs5(0)}M_{Gwe(0)}F1(3)X_{Gid18(0)}M_{Gs6(0)}M_{Gwe(0)}F1(3)X_{Gid19(0)}M_{Gs7(0)}M_{Gwe(0)}F1(3)X_{$
 $Gid2(0)}M_{Gs2(0)}M_{Gwa(0)}F1(3)X_{Gid20(0)}M_{Gs4(0)}M_{Gwf(1)}F5(5)M_{Gs1(0)}M_{Gs2(0)}M_{Gs0(0)}M_{$
 $Gs3(0)}M_{Gu1(0)}F1(3)X_{Gid21(0)}M_{Gs5(0)}M_{Gwf(0)}F1(3)X_{Gid22(0)}M_{Gs6(0)}M_{Gwf(0)}F1(3)X_{Gid23}$
 $(0)M_{Gs7(0)}M_{Gwf(0)}F1(3)X_{Gid24(0)}M_{Gs4(0)}M_{Gwg(1)}F5(5)M_{Gs0(0)}M_{Gs3(0)}M_{Gs1(0)}M_{Gs2(0)}M_{Gu1(0)}$
 $F1(3)X_{Gid25(0)}M_{Gs5(0)}M_{Gwg(0)}F1(3)X_{Gid26(0)}M_{Gs6(0)}M_{Gwg(0)}F1(3)X_{Gid27(0)}M_{Gs7(0)}M_{Gwg(0)}F1($
 $3)X_{Gid28(0)}M_{Gs4(0)}M_{Gwh(1)}F5(5)M_{Gs0(0)}M_{Gs2(0)}M_{Gs1(0)}M_{Gs3(0)}M_{Gu1(0)}F1(3)X_{Gid29(0)}M_{Gs5(0)}$
 $M_{Gwh(0)}F1(3)X_{Gid3(0)}M_{Gs3(0)}M_{Gwa(0)}F1(3)X_{Gid30(0)}M_{Gs6(0)}M_{Gwh(0)}F1(3)X_{Gid31(0)}M_{Gs7(0)}M_{G}$
 $wh(0)}F1(3)X_{Gid4(0)}M_{Gs0(0)}M_{Gwb(1)}F5(5)M_{Gs5(0)}M_{Gs6(0)}M_{Gs4(0)}M_{Gs7(0)}M_{Gu0(0)}F1(3)X_{Gid5(0)}M$
 $_{Gs1(0)}M_{Gwb(0)}F1(3)X_{Gid6(0)}M_{Gs2(0)}M_{Gwb(0)}F1(3)X_{Gid7(0)}M_{Gs3(0)}M_{Gwb(0)}F1(3)X_{Gid8(0)}M_{Gs0(0)}$

)M_Gwc(0)F1(3)X_Gid9(0)M_Gs1(0)M_Gwc(0)

В схеме использовались следующие шаблоны, где через $Z_{(0)}$ обозначены входы:

$F1(3)Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}=XOR(2)Z_{(0)}AND(2)Z_{(0)}Z_{(0)}$

$F3(4)Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}=XOR(2)XOR(2)Z_{(0)}Z_{(0)}XOR(2)Z_{(0)}Z_{(0)}$

$F4(8)Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}=XOR(2)F3(4)Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}XOR(2)AND(2)Z_{(0)}Z_{(0)}XOR(2)Z_{(0)}Z_{(0)}$

$F5(5)Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}=AND(5)NOT(1)Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}$

$F2(4)Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}Z_{(0)}=OR(4)AND(4)NOT(1)Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}Z_{(0)}AND(4)NOT(1)Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}Z_{(0)}AND(4)NOT(1)Z_{(0)}Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}Z_{(0)}AND(4)Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}NOT(1)Z_{(0)}$

Необходимо отметить, что при использовании шаблона F5(5) учтена коммутативность функции AND(5), а в случае шаблона F2(4) ввиду совпадения некоторых аргументов между собой число аргументов сократилось с 16 до 4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бозоян Ш.Е.** Язык описания функциональных схем // Изв. АН СССР. Техническая кибернетика, 1978. – N4. – С. 82 – 90.
2. **Бозоян Ш.Е.** Приспособление языка Лукасевича к описанию функциональных схем: ДАН АрмССР, 1979. – Т. 63, N 4. – С. 116 – 122.
3. **Бозоян А.Ш., Бозоян Ш.Е.** О приближении логических схем минимальными ее подсхемами // Моделирование, оптимизация, управление: Сб. научн. тр. ГИУА. – 1999. – Вып. 2. – С. 25 – 30.
4. **Бозоян Ш.Е., Егиазарян В.С.** Некоторые процедуры над логическими схемами и их реализация на языке Alex // Электронный журнал “ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ”, <http://zhurnal.ape.relarm.ru/2003/073.pdf>. – С. 617 – 284.
5. **Бозоян Ш.Е., Егиазарян В.С.** Новый подход к модульно-ориентированному проектированию систем на чипах // Электронный журнал “ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ”, <http://zhurnal.ape.relarm.ru/2003/115.pdf> – С. 1386-1395.

ГИУА. Материал поступил в редакцию 15.05.2004.

Ա. Վ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ

ՖՈՒՆԿՑԻՈՆԱԼ ՍՈՂԵԼԱՎՈՐՄԱՆ ԺԱՄԱՆԱԿԻ ԿՐՃԱՏՄԱՆ ԿՐՏՄԱՆ ԿՐՏՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ԿԻՐԱՌՈՒՄԸ

Նկարագրվում է սխեմայի տարրերի խոշորացման մեթոդը, որը թույլ է տալիս կրճատել վերջինիս ֆունկցիոնալ մոդելավորման ժամանակը: ISCAS85 տեստային սխեմաների օրինակի վրա ցույց է տրվում նշված մեթոդի արդյունավետությունը:

A. V. GRIGORYAN

APPLYING THE ENLARGEMENT METHOD OF CIRCUIT ELEMENTS FOR REDUCING THE FUNCTIONAL SIMULATION TIME

The enlargement method of circuit elements used to reduce the functional simulation time is described. The efficiency of this method is performed by pattern of ISCAS 85 experimental logic circuits.