

Харківський національний університет радіоелектроніки

Кафедра ЕОМ
Атестаційна робота магістра

Моделі та методи побудови програмних засобів автоматизації проектування мікропрограмних систем

Магістранта групи СПм-18-3
Шакура Олексія Геннадійовича

Керівник
доц. каф. ЕОМ
Іванісенко І. М.

.1 –

ОБ'ЄКТ І ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єкт дослідження: графові моделі керуючих автоматів.

Предмет дослідження: аналіз коректної побудови функції умов переходів у графових моделях керуючих автоматів для автоматизованого синтезу мікропрограмних систем і систем логічного управління.

.2 – '

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ І ЗАВДАННЯ

Мета дослідження: розробка формального методу аналізу коректності умов переходів у графових моделях кінцевих керуючих автоматів для автоматизованого синтезу мікропрограмних систем і систем логічного управління в системах автоматизованого проектування.

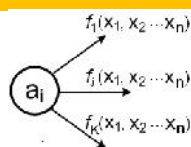
Для досягнення цієї мети необхідно вирішити завдання:

- розробити модель опису коректних умов переходів;
- розробити формальний метод аналізу коректності умов переходів у графових моделях керуючих автоматів;
- розробити програму для проведення експериментів;
- провести експерименти.

.3 –

МОДЕЛЬ ОПИСУ КОРЕКТНИХ УМОВ ПЕРЕХОДІВ (1)

Ортогоналізація логічних функцій умов переходів



$$\bigcup_{j=1}^K f_j(x_1, x_2, \dots, x_n) = 1$$

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \dot{\cup} \dots \dot{\cup} f_j(x_1, x_2, \dots, x_n) \dot{\cup} \dots \dot{\cup} f_K(x_1, x_2, \dots, x_n).$$

Введемо наступні визначення: f – повна ДДНФ від n змінних, тобто – булева функція, яка приймає значення 1 на всіх 2^n наборах, f^* – повна ДДНФ від $(n-1)$ змінних, f^{**} – повна ДДНФ від $(n-2)$ змінних, f^{***} – повна ДДНФ від $(n-3)$ змінних і так далі. Таким чином $f = f^* \dot{\cup} f^{**} \dot{\cup} f^{***} \dot{\cup} \dots \dot{\cup} 1$.

За першою теоремою розкладання:

$$\begin{aligned} f &= \overline{x_1} x_2^* \dot{\cup} x_1 \overline{x_2}^* = \overline{x_1} x_2 \dot{\cup} x_1 \overline{x_2}^* = \overline{x_1} \dot{\cup} x_1 \overline{x_2}^* = \overline{x_1} \dot{\cup} \\ &\dot{\cup} x_1 (\overline{x_2} \dot{\cup} x_2^*) = \overline{x_1} \dot{\cup} x_1 (\overline{x_2} \dot{\cup} x_2 (\overline{x_3} \dot{\cup} x_3^*)) = \\ &= \overline{x_1} \dot{\cup} x_1 (\overline{x_2} \dot{\cup} x_2 (\overline{x_3} \dot{\cup} x_3 \dots \times (\overline{x_n} \dot{\cup} x_n))). \end{aligned}$$

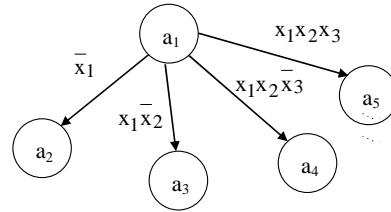
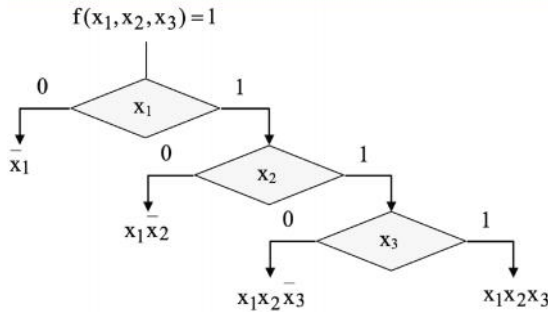
Таким чином, повна булева функція від n змінних розкладається мінімум на $(n+1)$ кон'юнкцій при збереженні суттєвості всіх n змінних.

.4 –

(1)

МОДЕЛЬ ОПИСУ КОРЕКТНИХ УМОВ ПЕРЕХОДІВ (2)

Умови з лінійним розгалуженням без повторювань



При невірно описаних умовах переходів:

$$f_n(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \cup x_1 \bar{x}_2 \cup x_1 x_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 x_3$$

$$f(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \cup x_1 \bar{x}_2 \cup x_1 x_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 x_3$$

$x_1 \backslash x_2 x_3$	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1

$x_1 \backslash x_2 x_3$	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1

.5 –

(2)

МОДЕЛЬ ОПИСУ КОРЕКТНИХ УМОВ ПЕРЕХОДІВ (3)

Таблиця аналізу повноти і несуперечності умов переходів для коректних умов переходів f

$$f(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \cup x_1 \bar{x}_2 \cup x_1 x_2 \bar{x}_3 \cup x_1 x_2 x_3$$

f несуперечлива (ортогональна) і повна.

()	$x_1 x_2 x_3$	\bar{x}_1	$x_1 \bar{x}_2$	$x_1 x_2 \bar{x}_3$	$x_1 x_2 x_3$	f
0	000	1	0	0	0	1
1	001	1	0	0	0	1
2	010	1	0	0	0	1
3	011	1	0	0	0	1
4	100	0	1	0	0	1
5	101	0	1	0	0	1
6	110	0	0	1	0	1
7	111	0	0	0	1	1

Таблиця аналізу повноти і несуперечності умов переходів для некоректних умов переходів f_n

$$f_n(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \cup x_1 \bar{x}_2 \cup x_1 x_2 \cup x_1 x_2 x_3$$

f_n суперечлива і повна.

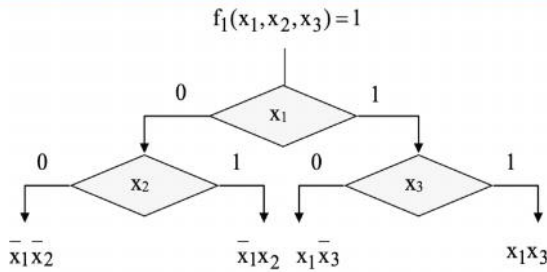
()	$x_1 x_2 x_3$	\bar{x}_1	$x_1 \bar{x}_2$	$x_1 x_2$	$x_1 x_2 x_3$	f_n
0	000	1	0	0	0	1
1	001	1	0	0	0	1
2	010	1	0	0	0	1
3	011	1	0	0	0	1
4	100	0	1	0	0	1
5	101	0	1	0	0	1
6	110	0	0	1	0	1
7	111	0	0	1	1	2

.6 –

(3)

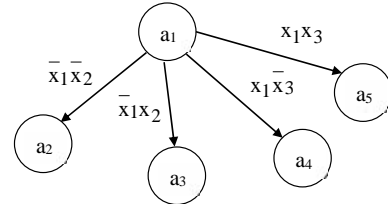
МОДЕЛЬ ОПИСУ КОРЕКТНИХ УМОВ ПЕРЕХОДІВ (4)

Умови з нелінійним розгалуженням без повторювань



$$f_1(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 x_2 \cup x_1 \bar{x}_3 \cup x_1 x_3$$

$x_1 \backslash x_2 x_3$	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1



При невірно описаних умовах переходів

$$f_{1n}(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 x_2 \cup x_1 \bar{x}_3 \cup x_1 x_3$$

$x_1 \backslash x_2 x_3$	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1

.7 –

(4)

МОДЕЛЬ ОПИСУ КОРЕКТНИХ УМОВ ПЕРЕХОДІВ (5)

Таблиця аналізу повноти і несуперечності умов переходів для коректних умов переходів f_1

$$f_1(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 x_2 \cup x_1 \bar{x}_3 \cup x_1 x_3$$

f_1 несуперечлива і повна.

()	$x_1 x_2 x_3$	f_1				
		$\bar{x}_1 \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 x_2$	$x_1 \bar{x}_3$	$x_1 x_3$	
0	000	1	0	0	0	1
1	001	1	0	0	0	1
2	010	0	1	0	0	1
3	011	0	1	0	0	1
4	100	0	0	1	0	1
5	101	0	0	0	1	1
6	110	0	0	1	0	1
7	111	0	0	0	1	1

Таблиця аналізу повноти і несуперечності умов переходів для некоректних умов переходів f_{1n}

$$f_{1n}(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 x_2 \cup x_1 \bar{x}_3 \cup x_1 x_3$$

f_{1n} суперечлива і неповна.

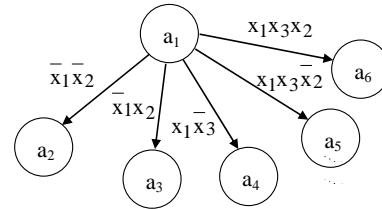
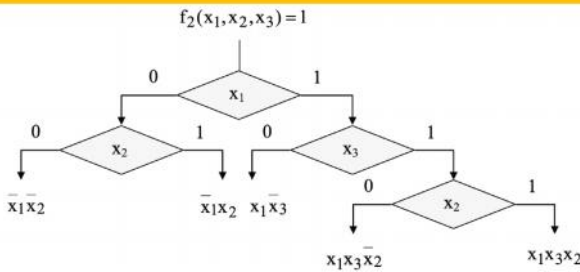
()	$x_1 x_2 x_3$	f_{1n}				
		$\bar{x}_1 \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 x_2$	$x_1 \bar{x}_3$	$x_1 x_3$	
0	000	1	0	0	1	2
1	001	1	0	0	0	1
2	010	0	1	0	0	1
3	011	0	1	0	0	1
4	100	0	0	1	1	2
5	101	0	0	0	0	0
6	110	0	0	1	0	1
7	111	0	0	0	0	0

.8 –

(5)

МОДЕЛЬ ОПИСУ КОРЕКТНИХ УМОВ ПЕРЕХОДІВ (6)

Умови з нелінійним розгалуженням з повторюванням умов



При невірно описаних умовах переходів

$$f_2(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 x_2 \cup x_1 \bar{x}_3 \cup x_1 x_3 \bar{x}_2 \cup x_1 x_2 x_3$$

$$f_{2n}(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 x_2 \cup x_1 \bar{x}_3 \cup x_1 x_3 \bar{x}_2$$

$x_1 \backslash x_2 x_3$	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1

$x_1 \backslash x_2 x_3$	00	01	11	10
0	1	1	1	1
1	1	1	1	1

МОДЕЛЬ ОПИСУ КОРЕКТНИХ УМОВ ПЕРЕХОДІВ (7)

Таблиця аналізу повноти і несуперечності умов переходів для коректних умов переходів f_2

$$f_2(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 x_2 \cup x_1 \bar{x}_3 \cup x_1 x_3 \bar{x}_2 \cup x_1 x_2 x_3$$

f_2 несуперечлива і повна.

Таблиця аналізу повноти і несуперечності умов переходів для некоректних умов переходів f_{2n}

$$f_{2n}(x_1, x_2, x_3) = \bar{x}_1 \bar{x}_2 \cup \bar{x}_1 x_2 \cup x_1 \bar{x}_3 \cup x_1 x_3 \bar{x}_2$$

f_{2n} несуперечлива і неповна.

()	$x_1 x_2 x_3$	$\bar{x}_1 \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 x_2$	$x_1 \bar{x}_3$	$x_1 x_3 \bar{x}_2$	$x_1 x_2 x_3$	f_2
0	000	1	0	0	0	0	1
1	001	1	0	0	0	0	1
2	010	0	1	0	0	0	1
3	011	0	1	0	0	0	1
4	100	0	0	1	0	0	1
5	101	0	0	0	1	0	1
6	110	0	0	1	0	0	1
7	111	0	0	0	0	1	1

()	$x_1 x_2 x_3$	$\bar{x}_1 \bar{x}_2$	$\bar{x}_1 x_2$	$x_1 \bar{x}_3$	$x_1 x_3 \bar{x}_2$	f_{2n}
0	000	1	0	0	0	1
1	001	1	0	0	0	1
2	010	0	1	0	0	1
3	011	0	1	0	0	1
4	100	0	0	1	0	1
5	101	0	0	0	1	1
6	110	0	0	1	0	1
7	111	0	0	0	0	0

МЕТОД АНАЛІЗУ КОРЕКТНОСТІ ОПИСУ УМОВ ПЕРЕХОДІВ У ГРАФОВИХ МОДЕЛЯХ КЕРУЮЧИХ АВТОМАТІВ

1. Для всіх $a \in A$, де A - множина всіх станів автоматів, вибираються всі переходи $a(t) - a(t+1)$ існуючі в графі переходів.
2. Для кожного з станів $a(t)$ по всіх переходах будується функція умов переходів у вигляді диз'юнкції виразів для умов кожного з переходів $a(t) - a(t+1)$
3. Для кожного з станів $a(t)$ з функції умов переходів будується таблиця аналізу повноти і несуперечності умов переходів. Для термів обчислюються значення на всіх наборах функції умов переходів. Формується вектор помилки. Примітка: якщо зі стану $a(t)$ є один єдиний перехід $a(t) - a(t+1)$, він повинен бути безумовним.
4. Проводиться аналіз вектору помилки. Якщо в ньому записані всі одиниці, то функція умов переходів ортогональна (несуперечлива) і повна, інакше ні.
5. Наступний крок необхідний тільки для автомата Мура. В автоматі Мура не повинно бути кратних дуг між сусідніми станами.
6. Проводиться перевірка вихідної таблиці на предмет наявності усіх станів автомата в стовпці для моменту часу t і в стовпці для моменту часу $t+1$. Тобто проводиться перевірка досяжності і контрдосяжності вершин графа.

Шакура О.Г. СПМ-18-3 ХНУРЕ каф. ЕОМ 2020р.

11

.11 –

Експерименти (Мілі)

Кодирование состояний автомата

coding-states Редактировать Файл Вид Опции Помощь

Кодирование состояний автомата СОХРАНИТЬ ЗАКОДИРОВАТЬ ИЗМЕНИТЬ ПАРАМЕТРЫ СТП

Автомат Милля / Частотный алгоритм кодирования

СТРУКТУРНАЯ ТАБЛИЦА ПЕРЕХОДОВ КОДЫ ВЕРШИН ФУНКЦИИ ВЫХОДОВ ФУНКЦИИ П

Структурная таблица переходов Режим редактирования

h	a_h	$K(a_h)$	a_k	$K(a_k)$	X	Y	G_h
1	a_1	00	a_2	10	1	-	10
2	a_2	10	a_1	00	x_1x_2	-	00
3	a_7	10	a_3	01	\bar{x}_1	-	01
4	a_2	10	a_3	01	$x_1\bar{x}_2$	-	01
5	a_3	01	a_1	00	x_2	-	00

1 - 5 из 5

Проверьте условия переходов из состояния a_2
Проверьте условия переходов из состояния a_2

Шакура О.Г. СПМ-18-3 ХНУРЕ каф. ЕОМ 2020р.

12

.12 –

()

Експерименти (Мура)

Кодирование состояний автомата
Автомат Мура / Частотный алгоритм кодирования

СТРУКТУРНАЯ ТАБЛИЦА ПЕРЕХОДОВ КОДЫ ВЕРШИН ФУНКЦИИ ВЫХОДОВ ФУНКЦИИ ПЕР

Структурная таблица переходов

a_i	$K(a_i)$	a_j	$K(a_j)$	x	y	F_i
a_1	00	a_2	01	1	$u_2 u_3$	01
a_2	01	a_1	00	$x_1 x_2$	-	00
a_2	01	a_1	00	\bar{x}_1	$u_2 u_3$	00
a_3	01	a_3	10	\bar{x}_3	$u_1 u_4$	10
a_3	10	a_1	00	1	-	00

1 - 5 из 5

В графе автомата Мура не должно быть кратных дуг, т.е. должен быть единственный переход $a_i \rightarrow a_j$. Проверьте переходы из состояния a_2 .

Шакура О.Г. СПМ-18-3 ХНУРЕ каф. ЕОМ 2020р.

13

.13 – ()

ВИСНОВКИ

- запропоновано модель опису коректності умов переходів;
- доказано, що функція умов переходів несуперечлива, якщо вона ортогональна;
- показано, що ортогональна функція умов переходів є повною, якщо її терми покривають усі набори;
- показано, що число переходів із стану a_i з функцією умов переходів має бути не менше $(n+1)$, де n – число змінних і має бути рівне $(m+1)$, де m – число вершин дерева ортогональних рішень;
- розроблено формальний метод аналізу коректності умов переходів у графових моделях керуючих автоматів;
- розроблено програмна система для проведення експериментів, проведені експерименти;

Наукова новизна: розроблений формальний метод аналізу коректності умов переходів у графових моделях керуючих автоматів, який використовує терми ортогональної функції умов переходів з розглянутого стану для побудови таблиці аналізу повноти і несуперечності умов переходів, що дозволяє за формальними ознаками визначити стани автомата, які мають некоректно описані переходи.

Шакура О.Г. СПМ-18-3 ХНУРЕ каф. ЕОМ 2020р.

14

.14 –

АПРОБАЦІЯ І ВПРОВАДЖЕННЯ

Практична значимість: розроблений метод дає можливість скорочувати час пошуку джерел проблем некоректного синтезу, якщо є помилки в опису умов переходів станів як на етапі формування мовної моделі автомата, так і на етапі формування графа переходів.

Наукові дослідження магістерської атестаційної роботи були **опубліковані** в наукових виданнях [13,17], а її результати були **впроваджені** в розроблену програмну систему, яка успішно використовується з лютого 2020 року в навчальному процесі ХНУРЕ в дисципліні "Комп'ютерна логіка" для спеціальності 123 - Комп'ютерна інженерія.