

БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ САМОСИНХРОННЫХ СХЕМ КМДП ТЕХНОЛОГИИ

Л.П.Плеханов

ВВЕДЕНИЕ

В исследовании и развитии самосинхронной схемотехники, принятой в качестве схемотехнической основы СВИС естественно-надёжных компьютеров, одной из базовых технологий рассматривается КМДП (КМОП) технология [1]. Эта технология в настоящее время позволяет достигать наибольшей степени интеграции схем. В связи с этим необходимо отчётливо представлять, на каких базовых элементах КМДП технологии можно реализовывать самосинхронные схемы.

В предыдущей статье по данной теме [2] (там же дана необходимая литература) приведена общая структура базового элемента самосинхронных схем (СС-базового элемента, ССБЭ), состоящая из последовательного соединения функциональной однокаскадной части (ОФЧ) и части, содержащей произвольное количество инверторов и повторителей.

В данной статье рассматриваются два вопроса, важных для синтеза и реализации самосинхронных схем (СС-схем): *какие существуют разновидности ССБЭ и насколько широко их разнообразие.*

Чтобы избежать непринципиального расширения состава ССБЭ за счёт простого добавления/удаления инверторов или повторителей, целесообразно дополнить определение ССБЭ следующим условием минимальности:

никакая часть СС-базового элемента не может самостоятельно быть СС-базовым элементом.

Анализ возможных схем элементов КМДП-технологии, удовлетворяющих условиям «базовости» [2] и минимальности, показывает, что в рамках этой технологии могут быть реализованы только два класса ССБЭ: вентили и базовые элементы с памятью (БЭП).

САМОСИНХРОННЫЕ БАЗОВЫЕ ВЕНТИЛИ

Структура элементов этого класса состоит из одной ОФЧ, поскольку вторая часть исключена по условию минимальности. ОФЧ можно представить в виде, показанном на рис. 1.

На этом рисунке и далее буквами p и n будут обозначаться цепи, содержащие соответственно p - и n -транзисторы.

Для описания транзисторной структуры ОФЧ удобно пользоваться символическими функциями f_p и f_n . Символическая функция — это изотонная (не содержащая отрицаний) логическая функция, показывающая соединение транзисторов: «логическое И» означает последовательное их соединение, «логическое ИЛИ» — параллельное.

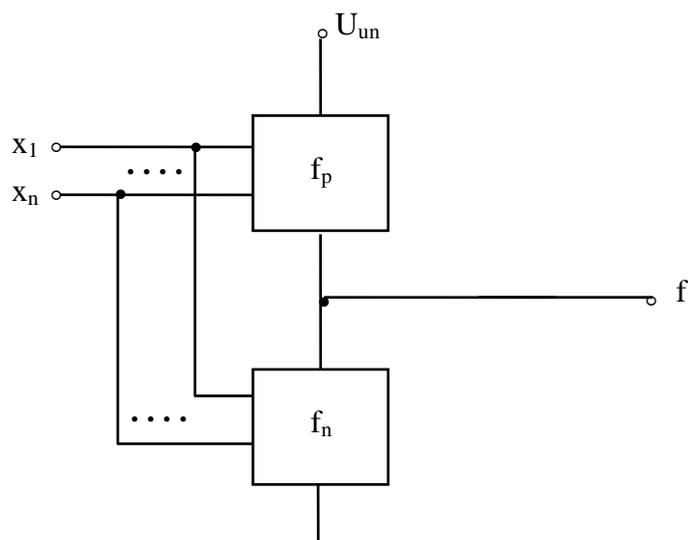


Рис.1. Структура СС-базового вентиля

Для вентиля должно выполняться условие:

$$f_n = \wedge f_p^* , \quad (1)$$

где символ « \wedge » означает отрицание, а звездочка - двойственную логическую функцию.

Данное условие обеспечивает как отсутствие сквозных токов, так и отсутствие 3-го состояния (высокого импеданса) на выходе.

При этом условии функция, выполняемая элементом, имеет вид:

$$f = \wedge f_n . \quad (2)$$

Одним из основных параметров ОФЧ служит индекс задержки (ИЗ) - максимальное число последовательно соединённых транзисторов в цепи перезаряда выходной точки. Во всех практически используемых вентилях $ИЗ \leq 4$, так как элементы с большим ИЗ не оптимальны по быстродействию.

Рассмотрим вопрос о множестве вентилях с $ИЗ \leq 4$, которые могут служить базовыми СС-вентилем. Расчёты на ЭВМ показали, что число таких элементов весьма велико. Число найденных вентилях составляет около 40 тысяч, а их общее число должно быть еще в несколько раз больше.

Представление о числе базовых СС-вентилем могут дать следующие таблицы количеств порождающих функций. Каждая функция порождает два вентиля, реализующие саму функцию и её двойственную функцию.

В таблицах обозначено: N - число аргументов, I - число импликант функции, X - функции предположительно есть, но пока не найдены.

Таблица 1 - число порождающих функций с индексом задержки 2.

Таблица 2 - то же с индексом задержки 3.

Таблица 3 - то же с индексом задержки 4.

Таблица 1

I \ N	2	3	4
1	1		
2		1	1
3		1	1

Таблица 2

I \ N	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1							
2		3	2	1				
3		3	13	13	7	2	1	
4		2	26	82	81	33	5	
5			24	267	434	200	30	1
6			10	490	1625	713	X	X
7			4	717	3130	X	X	X
8			1	816	X	X	X	X
9				496	X	X	X	X
10			1	697	X	X	X	X

Таблица 3

I \ N	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1								
2		4	3	2	1				
3		7	37	47	38	17	7	2	1
4		9	177	613	982	X	X	X	X
5		6	590	X	X	X	X	X	X
6		1	1367	X	X	X	X	X	X
7		1	2224	X	X	X	X	X	X
8			2616	X	X	X	X	X	X

Примеры некоторых порождающих функций приведены в [2].

БАЗОВЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ С ПАМЯТЬЮ

Структура элементов этого класса показана на рис. 2.

Транзисторы в кружках на рисунке – «слабые», то есть имеют в открытом состоянии сопротивление на порядок больше аналогичного сопротивления обычного транзистора.

Элемент предназначен для сохранения предыдущего значения выходного сигнала I в случаях, когда на входе X устанавливается высокий импеданс. В остальных случаях элемент работает как инвертор.

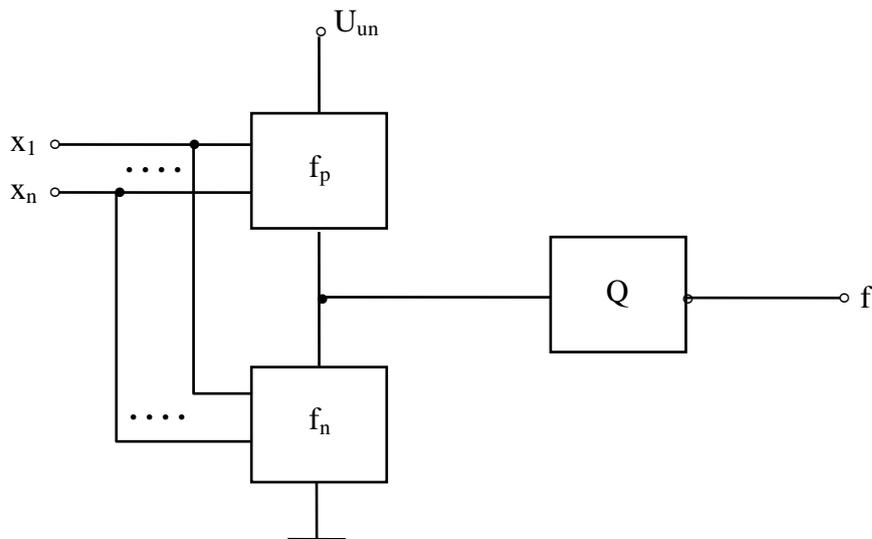


Рис. 2. Общая структура БЭП

Q-элемент представляет собой обычный инвертор, в обратной связи которого стоит «слабый» инвертор (рис. 3).

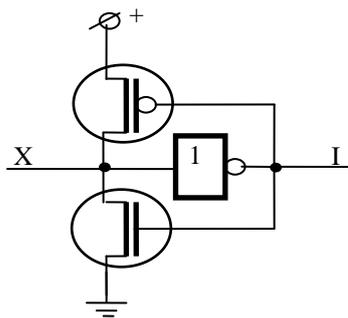


Рис. 3. Q-элемент

Для нормальной работы БЭП необходимо обеспечить выполнение двух условий: отсутствие сквозных токов и наличие 3-го состояния:

$$f_n \wedge f_p^* = 0, \quad (3)$$

$$\wedge f_n f_p^* \neq 0. \quad (4)$$

При этих условиях БЭП выполняет триггерную функцию:

$$f = f_n \vee q f_p^*, \quad (5)$$

где q - предыдущее значение f .

Условия (3) и (4) - более слабые, чем условие (1), поэтому очевидно, что возможное количество БЭП будет больше, чем СС-вентилей. Пример одного из двух простейших БЭП приведён на рис.4.

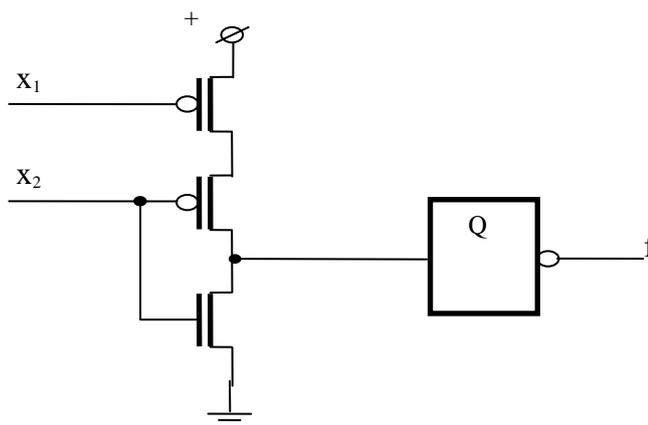


Рис. 4. Простейший двухвходовой БЭП

Функция этого элемента имеет вид:

$$f = x_2 \vee q x_1 . \quad (5)$$

Отметим, что других разновидностей структур, отличающихся от показанных на рис. 1 и 2 и соответствующих общей структуре, приведённой в [2], сконструировать не удаётся. Тем самым рассмотренными двумя классами ССБЭ исчерпывается всё их множество.

ВЫВОДЫ

1. Существует только 2 типа базовых элементов КМДП-технологии для самосинхронных схем – СС-вентили и запоминающие элементы с внутренним 3-м состоянием.

2. Количество возможных базовых элементов для самосинхронных схем насчитывает многие десятки тысяч единиц, что благоприятствует реализации таких схем.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.В.Филин, Ю.А.Степченков. Схемотехника интегральной элементной базы естественно-надёжных компьютеров // Системы и средства информатики. Вып.7. – М.: Наука, 1995. С.222-239.

2. Л.П.Плеханов. Базовые элементы самосинхронных схем // Системы и средства информатики. Вып.7. – М.: Наука, 1995. С.258-264.