

Ю. А. Виноградов
О структурных запретах в синтезе схем

Рекомендуемая форма библиографической ссылки:
Виноградов Ю. А. О структурных запретах в синтезе схем // Математические вопросы кибернетики. Вып. 6. — М.: Наука, 1996. — С. 343–346. URL: <http://library.keldysh.ru/mvk.asp?id=1996-343>

О СТРУКТУРНЫХ ЗАПРЕТАХ В СИНТЕЗЕ СХЕМ *)

Ю. А. ВИНОГРАДОВ

(МОСКВА)

В свободных, ничем не ограниченных композициях k -значных элементов могут появляться структуры, функционирование которых окажется непредставимым в k -значных моделях. Простейшие примеры таких структур приведены на рис. 1 и 2.

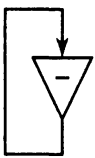


Рис. 1

В теоретическом синтезе циклическое включение функциональных элементов (ФЭ) и непосредственное соединение (склейка) их выходов запрещены аксиоматически и вышеприведенные структуры просто не будут рассматриваться.

Однако то, что в практическом, инженерном синтезе оба эти запрета нередко нарушаются, заставляет обратиться к причинам этих нарушений, оценить их основательность и, возможно, пересмотреть аксиоматику теоретикосинтезных запретов.

Рассмотрим структуру, изображенную на рис. 3. Она, естественно, из-за очевидного цикла относится к некорректным. В тех же случаях, когда обсуждают функционирование этой структуры, полагают достаточным указать на неопределенность функции $f(x, y)$, на ее вхождение в набор собственных аргументов. Но такая взаимозависимость величин сама по себе не является чем-то противоестественным и даже редко встречающимся.

Введем более общий критерий корректности схем.

О п р е д е л е н и е. k -значная схема *корректна*, если сигналы на ее линиях связи принимают значения лишь из множества $\{0, 1, \dots, k - 1\}$ (или из $\{0, 1\}$ в двоичных схемах).

Заметим, что структуры, изображенные на рис. 1 и 2, некорректны и в этом смысле: и в той, и в другой возникает то, что называется «конкуренцией» нулей и единиц, — ситуация, принципиально неразрешимая, непредставимая в двоичной модели.

Предположим, что структура, изображенная на рис. 3, корректна. Выясним ее реакцию на входной набор $\{x = 0, y = 1\}$ в предположении, что **) $f(x, y) = 0$. Тогда $\vee(0, 0) = 0$ и $\&(0, 1) = 0$. Режим корректен. Пусть при тех же условиях $f(x, y) = 1$. Тогда $\vee(0, 1) = 1$ и $\&(1, 1) = 1$. Режим корректен.

Но, как выясняется, на входном наборе $\{0, 1\}$ данная структура может находиться в разных состояниях. В этом тоже нет ничего необычного —

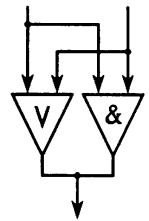


Рис. 2

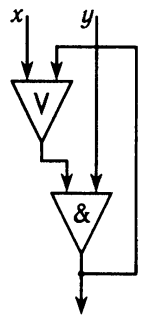


Рис. 3

*) Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (93-01-01525).

**) Заметим, что корректность структуры обязывает предположить что-то (0 или 1) и здесь.

естественно предположить, что мы имеем дело с автоматом. Посмотрим, можно ли им управлять.

Пусть изначально $f(0, 1) = 0$. Сменим входной набор на $\{1, 1\}$. Тогда $f(1, 1) = 1$. Вернемся к исходному $\{0, 1\}$: $f(0, 1) = 1$. Сменим входной набор на $\{0, 0\}$. Тогда $f(0, 0) = 0$. Вернемся к исходному*) $\{0, 1\}$: $f(0, 1) = 0$.

Итак, имеем автомат, корректный во всех своих режимах. Отсюда следует довольно важный вывод: в синтезе автоматных схем нет, вообще говоря, необходимости включать в набор базисных элементов специальный элемент памяти; он может быть синтезирован из тех же элементов логических схем, даже — как это легко видеть — не требуя их полноты. И более того — схема с циклами может быть автоматом и не имея элементов памяти в явном виде. Ни специальных, ни синтезированных.

Таким образом, запрет циклов оказался запретом с большим «запасом» — его соблазнительная простота потребовала отнестись к числу некорректных очень интересный класс автоматных схем**).

Наконец, напомним, что изображенная на рис. 3 схема была известна в радиоэлектронике (в ином, правда, виде) задолго до появления первых ЭВМ. Она (в числе немногих, того удостоенных) имеет специальное название — *триггер*, точнее статический триггер. Существует множество модификаций этой схемы — полученных эквивалентными преобразованиями, использующих другие функциональные элементы, содержащих те или иные инверсии и др. Область их применения поистине необозрима.

Другой запрет — запрет склеек — в практическом синтезе нарушается по иным причинам. Прежде всего потому, что в ряде технических реализаций ФЭ никакой «конкуренции» нулей и единиц и не возникает:

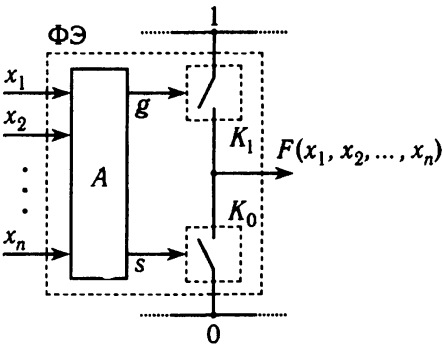


Рис. 4

физическая схема сама отдает предпочтение тому или иному значению. Склейка выходов диодно-резисторных дизъюнкторов, например, просто превращает их в дизъюнктор с большим числом входов. Но есть и другая, более важная причина.

Структура ФЭ в современной технике обычно имеет вид, показанный на рис. 4. Здесь A — логическая схема, управляющая электронными ключами K_0 и K_1 . В активном состоянии ФЭ замкнут лишь один ключ: если это K_0 , то на выходе ФЭ формируется 0, если K_1 , то 1.

Но здесь возможен, очевидно, и режим, при котором окажутся разомкнутыми оба ключа. Это состояние ФЭ принято

называть «третьим» или высокоимпедансным***). Очевидно, выходы таких ФЭ можно склеивать, уже не опасаясь «конкуренции» 0 и 1. Для этого нужно лишь, чтобы в склейке в активном состоянии находился только один ФЭ.

*) Можно рассматривать реакцию схемы и на другие последовательности входных наборов. Показать, например, что на смену их «по Грею» схема реагирует однозначно. Но можно этого и не делать: исключение входных наборов, способных ввести схему (схему в целом, ее фрагмент, элемент) в непредсказуемое или аварийное состояние (это, как будет показано ниже, тоже возможно) может быть просто одной из задач синтеза.

***) То, что классификация лишь по внешним, очевидным признакам может таить в себе такого рода эффекты, вряд ли является чем-то неожиданным. Но надо, по-видимому, время от времени давать себе в этом отчет и переходить, если позволяют средства, к классификациям с меньшими «пограничными» потерями.

***) Возможно, конечно, и еще одно «состояние» ФЭ, при котором оба его ключа окажутся замкнутыми. Оно (как состояние статическое, продолжительное) кончается обычно необратимым физическим повреждением всей структуры ФЭ и даже его окрестностей. Во избежание этого синтез схемы A ведет так, чтобы «аварийная» пара значений из g, s возникнуть не могла.

Появление функциональных элементов, способных находиться в высокоимпедансном состоянии, оказало сильнейшее влияние на синтез цифровой техники, даже на саму организацию вычислительных машин, поставив в центр ЭВМ группы проводников — шинные магистрали, на которые работают, сменяя друг друга, десятки устройств самого разного назначения.

Итак, причины, по которым в инженерном синтезе нарушаются запреты на циклы и склейки, кажутся достаточно основательными. Возможно, что в асимптотике — по схемам вообще — все эти приемы и не обещают больших выгод. Но будучи средствами, от которых в практическом синтезе заведомо не откажутся, они уже только поэтому должны представлять интерес и в плане теоретикосинтезном — хотя бы в части возможных приложений. Тем более, что все это, как показали годы и десятилетия, не выглядит лишь технической модой...

Поступило в редакцию 23 IX 1993



АЛЕКСАНДР АЛЕКСАНДРОВИЧ МАРКОВ
1937-1994