

УДК 681.3.06

Структура организации данных в системе логического моделирования "Радуга-1".
Селиванов В.Г. // Научное приборостроение. Методы и приборы биотехнологии. Л.:
Наука, 1988, с.97.

Описывается организация и структура данных в системе логико-временного моделирования "Радуга-1", приведен алгоритм работы моделировщика, способ представления переходных процессов, используемый в системе, дана оценка максимальных размеров моделируемых схем. Лит. - 11 назв., ил. - 5.

СТРУКТУРА ОРГАНИЗАЦИИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ "РАДУГА-1"

Одной из важнейших задач, решаемых разработчиками современных систем моделирования работы электронных схем, является увеличение скорости обработки информации. По мере появления все более сложных элементов – БИС и СБИС возрастает и сложность реализуемых схем и проблема ускорения обработки сигналов приобретает все большую актуальность.

Точность машинного представления структуры схемы и возможность быстрого доступа к информации очень важны для успешной работы моделирующей программы [1]. Одним из путей повышения эффективности алгоритма моделирования является совершенствование структуры представления данных и организации процесса работы с ними.

При традиционном подходе структура схемы хранится в виде двоичной матрицы. Такое представление вызывает значительные затраты времени в процессе работы системы на поиск и выборку нужной информации. Несмотря на использование теории разреженных матриц [2], получаемые в результате скорости обработки не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к моделирующим программам. Это послужило причиной возникновения алгоритмов, подобных алгоритму "нахождения пути" [1] или ПЛОВРИС-2 [3], в которых повышение скорости обработки достигается за счет использования динамической организации данных, использования описаний связей в

качестве идентификаторов для уровней сигналов и ссылочной организации описаний графов представления схемы.

В данной работе предлагается описание структуры данных, используемой в системе логико-временного моделирования "Радуга-1" [4]. Для понимания принципов работы системы со своими информационными структурами необходимо описать алгоритм моделирования.

Алгоритм моделирования. Алгоритм работы системы в общем описан в работе [4], добавим только, что вместо трех очередей инициации в данное время реализована одна общая, что облегчает обработку событий, возникающих в модели схемы. Структура алгоритма выглядит следующим образом.

Шаг 1. Обработка вводных списков, представленных в простейшем метаязыке и формирование внутренних ссылочных структур описания схемы, определение кольцевой очереди событий.

Шаг 2. Инициализация входных связей в зависимости от наличия или изменения сигналов на входе и установка их в кольцевую очередь событий по времени. Под событием понимается любое изменение значения сигнала в пределах шестизначного алфавита (0,1, фронты 0-1 и 1-0, состояние неопределенности и состояние установки).

Шаг 3. Просмотр пространственной очереди событий, соответствующей текущему моменту системного времени t_i , обработка установленных в нее связей и элементов, входы которых включены в эти связи. Установка связей, иницируемых выходами активных элементов в кольцевую очередь для моментов времени

$$t_s = t_i + [t_k^j / \Delta t] \cdot \Delta t + l,$$

где t_k^j - время задержки на j -й ножке k -го элемента. При этом в счетчике для текущего времени сигнала устанавливается величина

$$t_n = t_k^j - [t_k^j / \Delta t] \cdot \Delta t,$$

где Δt - интервал дискретизации.

Шаг 4. Очистка пространственной очереди для момента времени t_i и освобождение динамической памяти, занимаемой этой очередью.

Шаг 5. Переход к следующему шагу временной кольцевой очереди для момента времени $t_{i+1} = t_i + \Delta t$. Если не поступает прерывание работы алгоритма, иницированное пользователем, то переход к шагу 2 алгоритма.

Структура представления данных. Из описания работы алгоритма видно, что в каждый момент времени в кольцевой очереди событий отмечены только те связи, которые иницируются активизируемыми или уже активными элементами. Для реализации этого механизма использованы предоставляемые языком программирования "Паскаль" возможности организации динамических массивов с помощью ссылочного типа данных. На рис.1 схематично показаны элементы кольцевой очереди событий по времени (а) и пространственной очереди (б). Полная структура кольцевой очереди событий иллюстрируется рис.2.

Такая организация кольцевой очереди обеспечивает учет латентности элементов [2] и без каких-либо дополнительных затрат позволяет реализовывать событийное планирование [5, 6]. С помощью специальной подпрограммы пользователь может изменять шаг кольцевой очереди в процессе моделирования. Для этого с терминала нужно сделать запрос на изменение шага и ввести новое значение для Δt .



Рис.1. Элементы
кольцевой очереди
событий

Подпрограмма производит пересчет всех временных параметров для инициированных связей и их переустановку в пространственные очереди, соответствующие элементам вновь организованной временной очереди. Таким образом можно "ускорять" или "замедлять" работу модели, что может потребоваться, так как система "Радуга-1" предусматривает отображение работы схемы на цветной графический дисплей для визуального контроля.

Структура внутреннего описания схемы должна обеспечивать быстрый поиск активируемых элементов и связей. В системе "Радуга-1" динамически строятся списки связей и списки элементов. Для каждого элемента строится запись, содержащая общие характеристики элемента и ссылки на записи, включающие в себя информацию о входных и выходных ножках элемента. В записях, несущих сведения о выходных ножках, кроме информации о номере ножки и уровне сигнала на ней, содержится ссылка на связь, инициируемую данной ножкой (рис.3, 4).

Подобным же образом формируется и список связей. Корневая запись каждой связи содержит информацию о имени связи, параметрах сигнала

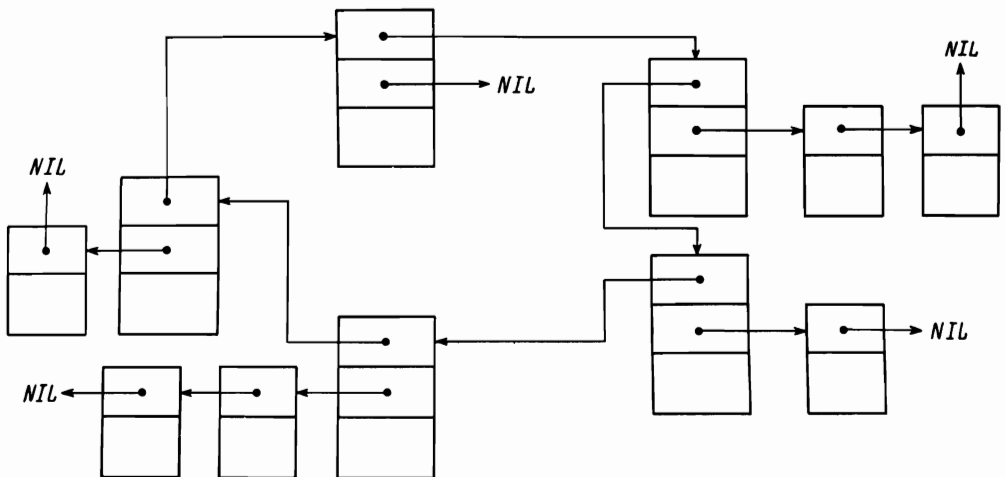


Рис.2. Структура кольцевой очереди событий

и ссылки на следующую связь и списки входящих в связь ножек элементов и номеров масок графических фрагментов изображения. Элемент списка ножек представляет собой запись, в которой содержатся ссылки на следующий элемент списка, на корневую запись описания соответствующего элемента схемы и на запись - описатель ножки. Элемент списка графических фрагментов содержит ссылку на следующий элемент списка, номер маски графического фрагмента и координаты этого фрагмента (рис.5).

Наличие значения и характеристик сигнала в каждой записи списка связей определяется тем, что в принятом в системе алгоритме моделирования связь является хранителем всей информации о проходящем по ней сигнале, и именно связи устанавливаются в списки инициализации кольцевой очереди событий. Выделение поля для указания уровня сигнала в каждой записи списка ножек элементов обусловлено не-

обходимостью максимально упростить процедуру обращения моделировщика к библиотечным модулям, в которых хранятся модели элементов схемы [7].

Реализованная таким способом структура описания схемы позволяет очень быстро находить нужный элемент, связь или ножку элемента. При обработке обратных связей не возникает трудностей, подобных тем, которые имеются в алгоритмах типа "нахождения пути" [1] и не требуется производить никаких специальных построений [8] для их отдельной обработки.

Размеры моделируемой схемы ограничиваются имеющейся в наличии оперативной памятью ЭВМ. Для описания схемы, содержащей 100 корпусов микросхем и 500 связей при коэффициенте связности схемы $k=3$, потребуется около 32К слов оперативной памяти. Некоторая избыточность информации, влекущая за собой неоптимальность алгоритма моделирования с точки зрения экономии оперативной памяти допускается для того, чтобы ускорить процедуру моделирования (в данном случае скорости обработки отдается приоритет перед требованиями экономии памяти). При использовании сов-

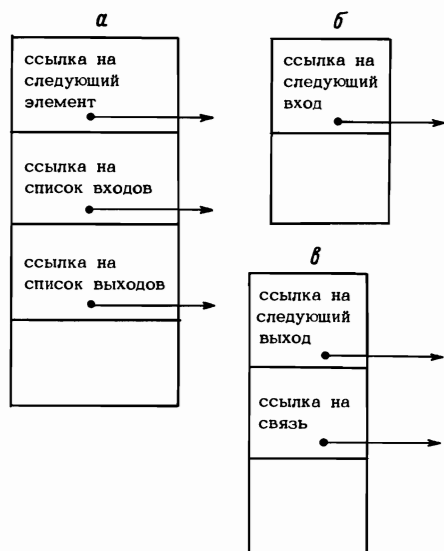


Рис.3. Описание радиоэлемента: а) корневая запись описания радиоэлемента; б) описание входного элемента; в) описание выходного вывода элемента

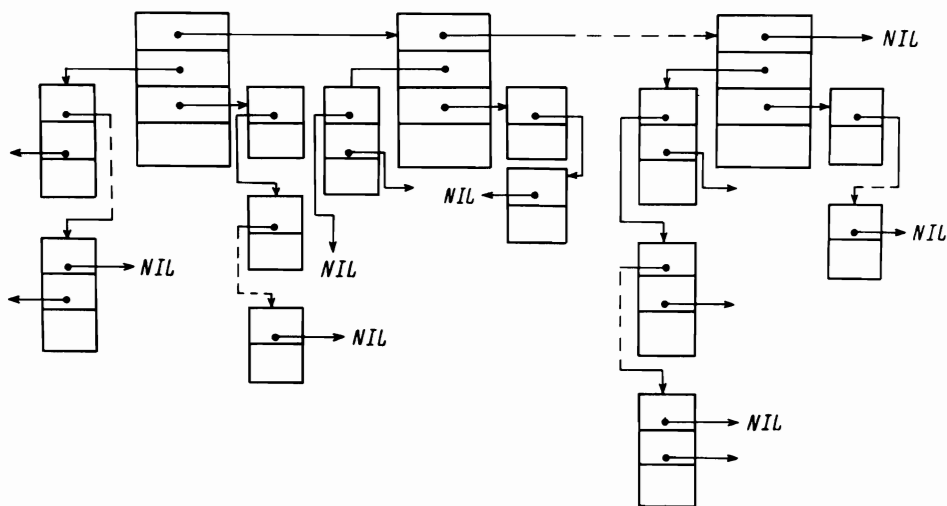


Рис.4. Структура списка элементов

ременных мини-ЭВМ типа СМ-1420 или "Электроника-79", "Электроника-82" такой размер оперативной памяти, требующийся для работы задания, можно считать приемлемым, даже если схема и, соответственно, нужная для ее размещения оперативная память увеличится в 3-5 раз. Однако схемы такого размера вряд ли возможно будет

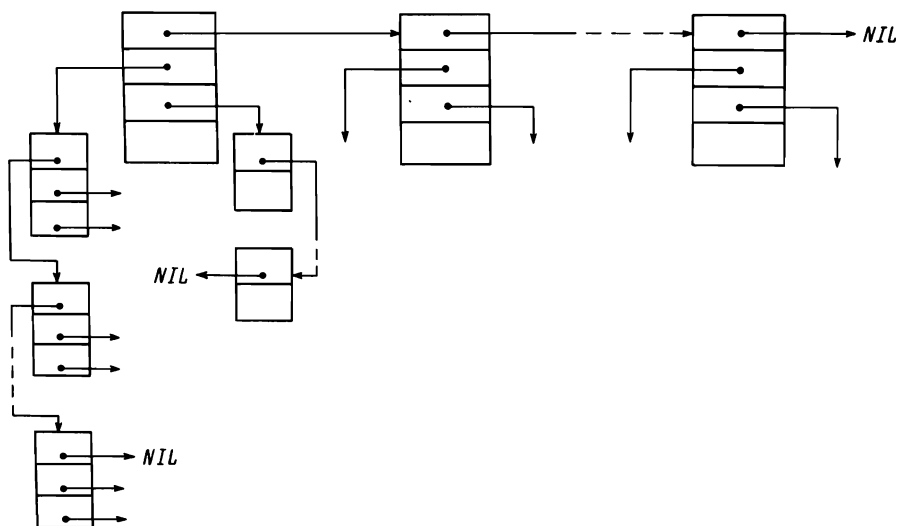


Рис.5. Структура списка связей

поместить в память графического дисплея [9] и в рабочее поле графического редактора [10] и их придется фрагментировать и размещать в нескольких файлах-описаниях схемы. В этом случае производится и фрагментация схемы во внутреннем представлении списков элементов, связей и номеров графических фрагментов, системы моделирования. Пользователю предоставляется возможность либо выводить изображение рисунка схемы и отображение ее работы на несколько графических дисплеев, либо, используя фрагментацию, поочередно обрабатывать части схемы, если по каким-либо причинам он работает с одним графическим дисплеем. При генерации модели пользователь в интерактивном режиме определяет: будут ли все системные списки храниться в оперативной памяти или в ней будут находиться только списки, относящиеся к текущему фрагменту схемы, а все остальные будут находиться на магнитном диске в виде отдельных файлов и вызываться по мере надобности (если объем доступной оперативной памяти недостаточен). Таким образом, фрагментация позволяет обрабатывать практически неограниченные по размерам схемы, но при этом существенно увеличивается время их обработки.

Способ описания сигнала в системе моделирования позволяет без больших дополнительных затрат реализовывать многозначное представление значений сигнала и расширять используемый алфавит. В дополнение к пятизначному алфавиту описания сигнала [4] реализовано описание сигнала установки (состояние схемы в момент включения питания).

В системе "Радуга-1" применяется способ моделирования переходных процессов, аналогичный используемому в системе логико-временного моделирования ПРОЛОГ [11], что позволяет производить уточненный анализ переходных процессов в схемах и выявлять ситуации динамических состязаний, оценивая возможность возникновения и амплитуду треугольного импульса. Однако, в отличие от системы ПРОЛОГ, система "Радуга-1" работает не на уровне вентилях, а с моделями реальной элементной базы, выпускаемой промышленностью - микросхемами, резисторами, конденсаторами и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Gil Y., Gutierrez J. Data structure and path-finding algorithm for digital systems simulation. // IEEE Workshop Lang. Autom.: Cognit. Asp. Inf. Process. Palma de Mallorca, 1985. P. 254-258.
2. Рюли А.Э., Дитлоу Г.С.//ТИИЭР. 1983. Т.71, № 1.С.42-60.
3. Бубенников А.Н., Бушуев Г.В.//Изв.вузов, сер.Радиоэлектроника. 1986. Т.29, № 11. С.58-60.
4. Селиванов В.Г., Точкалов И.В.//Электронное моделирование. 1986. Т.8, № 6. С.84-86.
5. Норенков И.П., Сомов П.А., Жук Д.М.//Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, М.: Радио и связь. 1984, вып.9. С.185-196.
6. Петренко А.И., Киселев Г.Д., Гиоргиозова-Гай В.Ш.//Электронное моделирование. 1986. Т.8, № 5. С.29-34.
7. Селиванов В.Г.//Автометрия. 1986. № 5. С.118-119.
8. Piotrowski J. // Modelling Simulation and Control, 1984. AI, 4. P.51-56.
9. Ковалев А.М., Талныкин Э.А.//Автометрия. 1984. № 4. С.85-89.
10. Талныкин Э.А.//Автометрия. 1984. № 5. С.42-46.
11. Аврашков П.П., Авдеев Ю.В., Икишели В.А.//Микроэлектроника и полупроводниковые приборы, 1984, вып.9. С.253-260.