

*мб.*  
Б  
А-25

**АКАДЕМИЯ НАУК УКРАИНСКОЙ ССР  
ИНСТИТУТ КИБЕРНЕТИКИ**

**Х. Л. Салун**

**ВОПРОСЫ ВРЕМЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
РАБОТЫ ЦИФРОВЫХ БЛОК-СХЕМ**

**А в т о р е ф е р а т**

**К И Е В - 1 9 8 7**

A 25

Работа выполнена в Институте кибернетики АН Украинской ССР и Институте кибернетики АН Эстонской ССР.

Совет Института кибернетики АН Украинской ССР по присвоению ученых степеней направляет Вам для ознакомления автореферат диссертации С а л у м а Х.Л. "Вопросы временного моделирования работы цифровых блок-схем".

Защита состоится на заседании Совета Института кибернетики АН УССР "13" июня 1967 г.

Автореферат разослан "12" мая 1967 г.

Отзывы просим направлять по адресу:

Киев-28, ул.Б.Китаевская 109, Институт кибернетики АН Украинской ССР.

Ученый секретарь Совета  
кандидат технических наук

В.Ковалевский

308911  
Центральная научная  
БИБЛИОТЕКА  
Академии наук Киргизской ССР

Вычислительная техника и методы цифрового управления, возникшие в современном виде всего несколько десятилетий назад, становятся все более решающими факторами технического прогресса. Быстрое развитие техники управления и математических методов ставит в свою очередь новые требования перед создателями соответствующей аппаратуры. Необходимость существенного сокращения сроков проектирования и строгие требования к качеству новой аппаратуры делают практически непригодными применявшиеся до настоящего времени ручные интуитивные методы проектирования, заставляют искать новых путей.

Разработке четких, научно обоснованных формализованных методов проектирования посвящен все более усиливающийся поток книг, научных статей и разработок почти всех научных центров мира. При этом главными проблемами, которые рассматриваются в работах этого направления, являются методы аналитической записи алгоритмов и схем, оптимизация этих записей по тем или иным признакам и моделирование работы полученной схемы при помощи математических цифровых вычислительных машин (МЦВМ).

Целью данной диссертационной работы является разработка практически применимого метода аналитической записи и математического моделирования работы произвольных цифровых блок-схем при помощи МЦВМ. Исходя из того,

что блок-схема определяет структуру функциональной схемы, в диссертации идет речь о структурных схемах и их моделировании. При этом под моделированием будет подразумеваться имитация во времени работы схемы, представленной в виде чертежей или аналитических записей. Предлагаемый метод / 1, 2 / пригоден, в частности, и для аналитической записи и моделирования работы цифровых схем автоматики и вычислительной техники.

Диссертация состоит из трех глав, заключения и приложений. Она содержит 244 страницы машинописного текста и чертежей. Из этого объема 105 страниц занимают приложения и 27 страниц схемы.

Первая глава диссертации посвящена анализу имеющихся языков для записи цифровых схем и моделирования логики их работы на разных этапах проектирования. Цель проводимого в главе анализа состоит в выявлении языков, которыми проектировщики могли бы достаточно удобно пользоваться на нескольких последовательных этапах проектирования, не прибегая к разработке своих собственных языков и методов моделирования. Доказывается целесообразность применения для цифрового моделирования языка ЦИМОД, предложенного диссертантом.

Наиболее существенные результаты первой главы изложены в §§ 1.2 и 1.5. При этом в § 1.2, с целью определения

принятого в диссертации общего методологического подхода к рассмотрению работы схем, исходя из работ В.М.Глушкова / 3 /, Л.В.Мацевитого / 4 / и др., еще раз формулируется микропрограммный принцип представления работы схем. Этот принцип основывается на следующих двух предположениях:

1. В произвольной схеме всегда возможно выделить некоторое фиксированное множество элементарных операций — микроопераций, выполняемых за элементарные отрезки времени работы схемы — микротакты.

2. Все операции в схеме могут быть заданы в виде некоторой последовательности микроопераций.

Все дальнейшее изложение в диссертации происходит с позиции этого микропрограммного представления работы схемы. Показывается, что в настоящее время для записи микропрограмм в явном виде пользуются в основном тремя методами:

1. Словесная запись микропрограммы в виде последовательности шагов, как и при записи алгоритмов / 3 /.

2. Таблица-график последовательности микроопераций / 5 /.

3. Диаграмма-мультиграф / 1, 4 /.

Кроме них используются также формальные языки. Все эти методы эквивалентны, но вследствие того, что многие авторы / 5, 6, 7 и др. / пользуются узким понятием микропрог-

раммы, данным Стринджером и Уилксом / 8 /, четвертый метод в литературе нигде явно не упомянут.

Исходя из цели диссертации, в § 1.2 дается подробное описание языка ЦИМОД, предложенного диссертантом / 1 / для записи структуры цифровых схем. Сжатость записи на этом языке и гибкость его использования для моделирования (1.5) достигнуты путем последовательного использования микропрограммного способа представления работы схемы.

Входной язык ЦИМОДа для ЭЦВМ "Минск-2" ( § 1.5 и приложение I) выбран возможно более близким к эталонному / 1 / с целью обеспечения процесса записи информации на входном языке без использования специальных программ-трансляторов. В то же время входной язык является окончательной внутренней формой хранения информации о схеме на все время моделирования.

Окончательная цель диссертации состояла в разработке достаточно универсального практически применимого метода математического моделирования работы структурных схем цифровых устройств во времени. Этому вопросу посвящена вторая глава диссертации. В § 2.1 предлагается заново переработанный и более четко изложенный алгоритм аналитической записи микропрограмм / 9 /, который является структурной основой языка ЦИМОД. Алгоритм переводит микропрограмму, которая имеет, как правило, нелинейную форму, в некоторую стандартизованную форму, пригодную для последо-

вательного во времени ввода в моделирующую ЦВМ.

На основании записи схемы, введенной в моделирующую МЦВМ, должна производиться правильная имитация работы ее микропрограммы во времени. Это обеспечивается алгоритмом, описанным в § 2.2 диссертации и в / 2 /. Сущность его состоит в следующем:

1. Моделирование ведется относительно "времени схемы" общей для всей модели. В ходе моделирования время схемы может изменяться только в сторону увеличения, и все процессы в модели разделяются на относящиеся к прошедшему, настоящему и будущему времени.

2. В каждый момент времени схемы интерпретируются только те микрооперации, которые находятся в настоящем времени.

3. Все микрооперации, начавшиеся в прошедшем времени, уже интерпретированы, но информация, выработанная ими, становится доступной для использования другими микрооперациями только после полного завершения соответствующей микрооперации, когда с начала ее выполнения прошел отрезок времени схемы, не меньше длительности данной микрооперации.

4. Моделирование происходит вдоль активных ветвей микропрограммы. Для этого алгоритм / 9 / разбивает микропрограмму на участки, каждый из которых определяет последующий за ним участок либо непосредственно, либо через

условия разветвления узла. За одним участком, через условия разветвления узла, могут одновременно следовать несколько других участков.

5. Микрокомандам, принадлежность которых к активной ветви микропрограммы определена, присваивается время начала выполнения их. Номера этих микрокоманд вместе с временем начала выполнения каждой из них заносятся в список подлежащих выполнению микрокоманд (ПВМк).

6. Номера микрокоманд, время начала выполнения которых наступило (время начала выполнения равно времени схемы), переносятся в список немедленно выполняемых микрокоманд (НВМк) и интерпретируются в порядке их нахождения в списке НВМк, если в их записи в списке микрокоманд нет специальных указаний относительно порядка их выполнения — приоритета.

7. После окончания интерпретации всех микрокоманд, занесенных в НВМк, ищется номер микрокоманды в ПВМк, имеющий минимальное время начала выполнения. Это минимальное время начала выполнения микрокоманд в списке ПВМк принимается за новое время схемы модели и соответственно изменяется вся шкала времени модели. Все микрокоманды с временем начала выполнения, равным новому времени схемы, переносятся из ПВМк в НВМк.

В § 2.3 описывается реализация языка ЦИМОД на МЦВМ

"Минск-2". Основной акцент делается на вопрос учета различных моментов и интервалов времени в ходе моделирования. Кроме необходимых для управления ходом моделирования уровней времени рассмотрены также время активной работы, время пассивной работы и время простоя регистров или узлов схемы. Эти дополнительные времена позволяют конструктору судить о целесообразности выбранной структурной реализации алгоритма работы схемы и определить влияние открытой или закрытой реализации отдельных регистров на быстродействие модели.

В третьей главе диссертации анализируется применение моделирования при конструировании цифровых схем. В § 3.1 производится подробный синтез устройства ввода АЛГОЛ-ной записи в ЦВМ с заменой кодовых слов языка односимвольными кодами.

Анализ всех экспериментов моделирования работы схем при помощи ЦИМОД, проведенных в ходе работы над диссертацией, дается в § 3.2. Там же делаются некоторые выводы относительно перспективности различных методов работы цифровых схем. Эти выводы касаются в основном скорости моделирования, от которой существенно зависит производительность модели и возможность более широкого использования последней при проектировании.

Относительная медленность моделирования при всех опытах была вызвана:

1) относительной маломощностью использованных ЭЦВМ "М-20" и "Минск-2";

2) отсутствием в системе команд этих ЭЦВМ специальных команд, позволяющих обращаться к отдельным битам, одновременно сохраняя возможность параллельного обращения к вектору;

3) медлительностью вывода информации по сравнению со счетом. При выводе всей возможной в ходе моделирования информации время работы процессора составляет менее 10% от общего времени работы моделирующей ЭЦВМ.

При моделировании на "Минск-2" с помощью имеющихся программ возможным пределом производительности является 30 микроопераций в секунду, что соответствует в среднем выполнению одной машинной команды в секунду для ЭЦВМ средней величины. Первоначальным выходом из этого затруднения является создание упрощенных крупноблочных моделей моделируемых ЭЦВМ для проверки их работы на реальных задачах. При этом информацию о целесообразности логической структуры отдельных узлов будет необходимо накапливать при помощи моделирования типичных для всех программ участков небольшой длины.

Окончательные выводы о перспективах применения моделирования в ходе проектирования цифровых схем даются в заключении. Эти выводы сводятся к следующему:

1. В настоящее время, как и в ближайшем будущем, нецелесообразно иметь одну единую программу автоматизации проектирования цифровых схем с начала до конца, т.е. с алгоритма работы до монтажной схемы.

2. Моделирование и проектирование целесообразно строить по иерархической системе. На данном этапе уже построен ряд моделирующих и оптимизирующих программ первого уровня, но программ второго уровня еще нет и эти функции выполняет человек. Для построения второго уровня программы нужно программы первого уровня связать между собой некоторым языком-посредником. В качестве первого приближения на этапе логического проектирования таким языком может служить какой-нибудь язык первого уровня, например ЦИМОД, для которого разработана удобная форма хранения информации и программы проверки правильности схемы, полученной при преобразованиях, например, путем моделирования правильности ее работы.

3. Применение алгоритмических языков типа АЛГОЛ для целей моделирования повышает требования к моделирующей машине и, как правило, замедляет процесс моделирования по сравнению с ручным кодированием. В то же время применение языков типа АЛГОЛ целесообразно для проверки новых алгоритмов для ускорения их отладки.

4. Полное подробное моделирование большой логической схемы будет целесообразно при возможности пользоваться

ЭЦВМ, которые имеют быстродействие минимум на 1-2 порядка выше, чем у "М-20" и "Минск-2" с учетом работы внешних устройств.

5. Моделирование работы будущей ЦВМ при помощи ЦИМОД позволяет параллельно с технической реализацией новой ЦВМ произвести отработку математического обеспечения для нее.

Существенную часть объема диссертации занимает приложение № 1 "Инструкции по моделированию работы цифровых схем на МЦВМ "Минск-2" при помощи языка и программы ЦИМОД". Эта инструкция состоит из четырех частей:

1. Машинный входной язык ЦИМОДа для ЭЦВМ "Минск-2".
2. Структура моделирующей программы ЦИМОД.
3. Описания отдельных подпрограмм ЦИМОДа.
4. Примерный порядок подготовки к моделированию.

В приложении № 2 дается сокращенный алгоритм моделирования цифровых схем, записанных на языке ЦИМОД. Алгоритм записан на алгоритмическом языке МАЛГОЛ / Ю /.

Основные отличия языка МАЛГОЛ от АЛГОЛ-60 описаны в приложении № 3.

Пользуюсь случаем поблагодарить коллектив Института кибернетики Академии наук Украинской ССР за гостеприимство и помощь во всех вопросах, требовавших моральной и

практической поддержки. Особенно я благодарен академику В.М.Глушкову и сотрудникам его отдела за постоянное живое участие в работе. Выражаю также благодарность коллективу кафедры вычислительной техники МЭИ, а в особенности к.т.н. Шигину А.Г., к.ф.-м.н. Поспелову Д.А. и ст. инженеру Полякову А.К. за внимательное отношение к работе.

## Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Салум Х., Язык для записи и моделирования работы цифровых структурных схем /ЦИМОД/, журн. "Известия АН ЭССР. Серия физ.-мат. и техн. наук", т. 14, № 3, 464-472 /1965/.
2. Салум Х.Л., Моделирование цифровых схем на МЦВМ, докл. на 2-ом Всесоюзном симпозиуме по кибернетике. Тбилиси, 1965.
3. Глушков В.М., Введение в кибернетику, Изд-во АН УССР, К., 1964.
4. Мацевитый Л.В., Алгоритм минимизации схем микропрограмм, журн. "Известия АН СССР. Серия техн. кибернетика", т.1, № 1, 9-19, 1964.
5. Schlaerpi H.P., A formal language for describing machine logic, timing and sequencing (LOPIS). Trans. IEEE, v. Ec-13, Nr. 4, aug. 1964, pp 439-448.
6. Proctor R.M., A logic design translator experiment demonstrating relationships of language to systems and logic design, Trans. IEEE, v. 13, Nr. 4, aug. 1964, pp. 422-430.

7. Zucker M.S., LOCS: An EDP machine logic and control simulator, Proceed. IEEE Intern. conv. record, 1965, part 3, pp. 28-50.
8. Wilkes M.V., Stringer J.B., Microprogramming and the design of the control circuits in an electronic digital computer, Proceed. Cambridge Phil. Soc., 1953, v. 49, Nr. 2.
9. Салум Х., Об аналитической записи графов конечных автоматов, журн. "Известия АН ЭССР. Серия физ.-мат. и техн. наук", т.15, № 1, 159-160, 1966.
10. Котли М. и Уанко П., Руководство по алгоритмическому языку МАЛГОЛ, в сб. "Программы для ЭЦВМ "Минск-2", вып.4, Таллин, 1966.