

СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

На правах рукописи

УДК 681.58.002.63

КАЧУР Светлана Александровна

МОДЕЛИ НА ОСНОВЕ СЕТЕЙ ПЕТРИ В СИСТЕМАХ
ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ВРЕМЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЦИФРОВЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ

Специальность 05.13.03 - Системы и процессы управления

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Севастополь

1995



00754423 (P)

университете

Научный руководитель - кандидат технических наук,

доцент Чернега В.С.

Научный консультант - доктор технических наук,

доцент Сисроход Б.А.

Официальные оппоненты - доктор технических наук,

профессор Пряшников Ф.Д.,

кандидат технических наук,

Сало А.А.

Ведущая организация - Севастопольский комбинат "Муссон"

Защита диссертации состоится "20" апреля 1995 г.

в 14⁰⁰ на заседании специализированного совета ДИ.03.01

при Севастопольском государственном техническом университете по

адресу: 335053, г.Севастополь, студгородок, учебный корпус № 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Севастопольского государственного технического университета.

Авторыферат разослан "10" марта 1995 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
кандидат технических наук,
доцент

А.А.Шерешевский

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ. Постоянное повышение требований к качеству решения таких важных практических задач, как автоматизация технологических процессов, управление сложными промышленными объектами в реальном времени и т.д. обуславливает необходимость создания высокопроизводительных систем управления и контроля на основе средств вычислительной техники. Сложность объектов управления и контроля обуславливает применение микропроцессоров и функциональных интегральных микросхем (ИС) в качестве ядра таких систем. При создании, исследовании и обеспечении качества систем управления и контроля на базе микропроцессорных средств возникает проблема на этапе проектирования, связанная с ростом трудоемкости изготовления макетных и лабораторных образцов.

Одним из эффективных путей минимизации стоимости систем автоматического управления (САУ) является использование логического моделирования вместо физических методов, которое заключается в построении математической модели задаваемой системы и последующем анализе поведения этой модели по ее реакции на входные воздействия.

При моделировании управляющих устройств (УУ) на структурном уровне и использовании в качестве элементов системы вычислительной промышленности ИС одна из основных задач состоит в создании моделей функционально сложных ИС микропроцессорных комплектов (МПК) таких, как микропроцессоры, интерфейсы, однокристалльные контроллеры, микро-ЭВМ и т.д.

Актуальность этой задачи обусловлена отсутствием простых, универсальных моделей функционально сложных ИС, отражающих детерминированную динамику поведения (причинно-следственные зависимости), учитывающих наличие логических связей между независимыми

параллельными процессами.

Характерной особенностью существующих моделей функционально сложных ИС ИИК, отражающих как логику функционирования, так и временные отношения, является ориентация на конкретную аппаратуру или конкретную ИС. Отказ от универсальности связан со стремлением повысить точность описания функционирования ИС во времени при значительном повышении сложности модели. Таким образом, создание универсальных, достаточно простых моделей, отражающих причинно-следственные зависимости в работе ИС ИИК, является весьма актуальной задачей.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ. Разработка и исследование метода минимизации стоимости систем автоматического управления и контроля на этапе логического проектирования при моделировании параллельных управляемых систем, включающих микропроцессорные средства, путем создания моделей, отражающих причинно-следственные зависимости в работе цифрового управляющего устройства.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- исследование существующих критериев оптимизации САУ и разработка критерия минимизации стоимости проектирования управляющих устройств САУ;
- анализ требований к УУ САУ;
- исследование существующих подходов к построению моделей функционально сложных ИС и определение требований к степени точности отображения реальных процессов и сложности модели;
- создание универсальной математической модели функционально сложных ИС ИИК, отражающей причинно-следственные зависимости, и исследование возможностей модели для анализа поведения ИС в составе разрабатываемого цифрового устройства;
- минимизация разработанной модели функционально сложных ИС при

- создании языка описания модели, обладающего широким спектром выразительных средств;
- разработка алгоритма моделирования расписания функционально сложных МС на основе их описания;
- разработка интерпретатора языка описания МС МПК, включающего синтаксический и семантический анализаторы и блок моделирования;
- создание методики описания функционально сложных МС на разработанном языке;
- исследование промышленных УУ на основе разработанного интерпретатора МС Э.Са.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ. При проведении научных исследований использовались методы теории автоматического управления, теории оптимизации, методы теории сетей Петри, имитационного моделирования, методы описания языков и построения транзакторов.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА. Предложена универсальная имитационная модель функционально сложных МС МПК, в основу которой положено описание функциональных сетей Петри системы команд и временных диаграмм режимов работы с использованием иерархического подхода. Определены возможности предложенной модели для анализа реакции МС на входные воздействия с точки зрения нарушения причинно-следственных зависимостей, результатом которых является нарушение временных отношений и точки функционирования.

Создан язык описания функционально сложных МС - язык МОВДС (моделирование на основе временных диаграмм интегральных схем), методологической основой которого является разработанная модель.

Разработан алгоритм моделирования функционально сложных МС МПК, позволяющий по внутреннему представлению описания МС на языке МОВДС и входному воздействию определять реакцию МС и локализовать во времени возможные нарушения в работе МС.

Представлены графическая ^{языка} методика описания Л. МПК на языке ЛОВДС, а также разработан интерпретатор языка ЛОВДС.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ. Разработанная методика описания функционально сложных С. МПК на языке ЛОВДС и интерпретатор этого языка ЛОВДС используются в системах логического моделирования для диагностирования цифровых устройств на этапе логического проектирования ЛУ САУ, а также для временной и программной эмуляции при проектировании микропроцессорных систем широкого применения.

Внедрение результатов диссертационной работы подтверждено соответствующим актом.

ПРОПАГАНДА РАБОТЫ проводилась на Всесоюзной научно-технической конференции "Логическое проектирование систем управления" (Севастополь, 1987 г.), научно-техническом семинаре Института технической кибернетики А. БССР (Минск, 1992 г.), научно-техническом семинаре Севастопольского приборостроительного института (Севастополь, 1994 г.).

ПУБЛИКАЦИИ. Результаты работы отражены в 6 публикациях.

СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИССЕРТАЦИИ. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, изложена на 120 страницах машинописного текста, иллюстрируется 22 рисунками, содержит список литературы из 82 наименований и приложения.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цель диссертации, научная новизна и практическая ценность результатов исследований, аннотируется содержание диссертационной работы.

В ГЛАВЕ I рассмотрены особенности проектирования САУ и мето-

ды построения САУ минимальной стоимости при прочих равных технических показателях. Проведен анализ УУ САУ и Уорингтонские требования к процедурам логического проектирования микрорелектронных схем для обеспечения минимальных затрат на проектирование. Показано, что на этапе логического проектирования УУ САУ в качестве элементов моделирования целесообразно использовать модели реальных МС, входящих в состав разрабатываемой системы.

Рассмотрены математические модели, позволяющие с различной степенью точности описывать поведение во времени функционально сложных МС. Анализ этих моделей показал, что для решения задачи диагностирования сложных параллельных систем с недетерминированным поведением, какими являются и МС МПК, целесообразно использовать методы имитационного моделирования и сетей Петри, в частности, расширения сетей Петри (СП) - функциональные СП.

Обоснованы требования к моделям функционально сложных МС МПУ, обеспечивающим моделирование цифровых устройств на функциональном уровне.

Проведенный анализ моделей функционально сложных МС МПК, реализованных в основе указанных методов, позволил сделать вывод, что в ближайшее время не существует моделей, удовлетворяющих требованиям универсальности, простоты и точности отражения как логики функционирования, так и временных отношений, определяющих алгоритм работы МС МПК.

Проектированы способы реализации моделей функционально сложных МС и показана перспективность использования имитационных языков для моделирования МС.

Ключевые слова: сформулированы цель работы и задачи исследования.

В ГЛАВЕ 2 разрабатывается математическая модель функционально сложных МС МП на основе функциональных СП, определяются пути ее минимизации за счет создания имитационного языка и рассматриваются возможности полученной модели при моделировании работы систем управления и контроля.

С целью наиболее точного отражения логики функционирования и временных отношений при моделировании МС в качестве исходной информации при разработке модели выбраны временные диаграммы режимов работы и система команд.

Однако, рассмотрение временных диаграмм как описания смены состояний МС, привязанных к определенному моменту или интервалу времени, делает модель в случае синхронных МС громоздкой, а в случае асинхронных — трудно определяемой. Поэтому представление временной диаграммы как причинно-следственной смены событий, а событий — как моментов или интервалов времени (ситуаций), позволяет более наглядно описать структурные возможности функционирования МС. Отказ от времени позволяет рассматривать ситуацию на временной диаграмме как составное событие, имеющую структуру, образованную из параллельных подсобытий. Таким образом, временную диаграмму синхронных МС можно представить как последовательность ситуаций, а асинхронных МС — как одну ситуацию.

Команда также может быть описана в виде временной диаграммы. Для отражения логики выполнения команды достаточно знать каким ситуациям на временной диаграмме режима соответствует набор микроопераций (МО) данной команды. Т.е. временная диаграмма конкретной команды является временной диаграммой режима, которая распределена особенностями данной команды.

Система команд модели не ограничена справочным предзвучением. Ее рамки определяет разработчик-проектировщик цифрового уст-

робства, руководствуясь при описании модели принципами наглядности и оптимальности.

Исходя из вышесказанного, была определена иерархическая структура модели функционально сложных МС. МС рассмотрена как совокупность блоков. Понятие блока соответствует справочному представлению МС. Каждый блок описан совокупностью режимов. Режим представляет собой временную диаграмму или алгоритм выбора временных диаграмм. Временная диаграмма определена последовательностью ситуаций. Каждая ситуация описана набором параллельных действий, в котором может содержаться обращение к команде, а точнее к набору МО, выполняемых командой в данной ситуации при определенных условиях.

Наиболее полно такая модель описывается математическим аппаратом СП, в частности, функциональными СП. Каждая компонента уровня иерархии модели (нулевой уровень - МС, первый - блок, второй - режим, третий - ситуация, четвертый - команда) представлена независимо выполняющейся функциональной СП. Переход с более высокого уровня на более низкий возможен при срабатывании определенных переходов СП, а возврат - в случае невозможности запуска переходов.

Чтобы иметь возможность рассматривать поведение МС во времени при условии мгновенного срабатывания переходов, предложено ввести для функциональных СП дополнительный атрибут, а именно, сопоставить переходам один из двух цветов: разрешающий или запрещающий. При изменении сигналов на выводах МС и (или) блоков все переходы всех СП различных уровней иерархии окрашиваются в разрешающий цвет, а при их срабатывании - в запрещающий. Срабатывание перехода происходит, если в его входных позициях присутствует маркер, соответствующий ему предикат принимает значение "истина" и он окрашен в разрешающий цвет.

Используемое расширение СП может быть описано в виде

$$C = (P, T, I, O, M, \nu, F, \tau_{\delta x}, \tau_{\text{вст}}, \delta).$$

где P - конечное множество позиций; T - конечное множество переходов; I - входная функция-отображение из переходов в комплекты позиций; O - выходная функция-отображение из переходов в комплекты позиций; M - маркировка сети; P_2 - множеств. соответствующих переходам предикатов; F - множество приписанных к переходам функции; $\tau_{\delta x}$ и $\tau_{\text{вст}}$ - множества сопоставляемых переходам алгоритмов соответствия проверки временных соотношений на выходах МС (блока) и формирования задержек выходных сигналов; δ - цвета переходов.

Структуры компонент пяти уровней модели функционально сложных МС представлены на рис. 1, а описания позиций, переходов, соответствующих переходом условия и алгоритмов проверки временных соотношений и вычисления номинальных задержек на выходах МС приведены в табл. 1.

Исследование предложенной структуры модели (рис.1) показало, что возможна ее минимизация за счет использования макросетей, позволяющих формировать в виде "макро" часто используемые структуры. Это сохраняет удобство и наглядность модели при увеличении сложности КС, не теряя возможности машинной интерпретации.

Такой подход позволил выделить два класса функционально сложных МС МК: 1) с общей СП 2-го уровня (временной шкалой) для всех режимов работы блока (например, микропроцессор К580ВВ50А), 2) с индивидуальной СП 2-го уровня для каждого режима работы блока (например, интерфейс К580ВВ55). Это дало возможность выделить для МС I-го класса в виде "макро" части общей для всех режимов и частей, содержащих особенности каждого режима. Аналогичные преобразования были осуществлены для СП 4-го уровня, заключающиеся в выделении общей для некоторых ситуаций части в описании переходов внутри своего уровня. Алгоритмы декомпозиции представлены на рис.2.

Разработанная сетевая модель явилась основой для имитационной

Таблица I

Описание структуры сетевой модели МС

№ условия	Обозначение	Содержание	Условие	Временные отношения	Примечание
0	b_0 t_i	выводы МС и блоков	изменение i в	проверка длительности сигнала	ПВВВ - вектор значе- ний сигналов на вы- водах МС и блоков
1	p_i t_i t_{ij}	длительность режима режим подтвержде- ние смены режима	$PR = 0$ $PR = 1$ (номер режима = j)		PR - признак режима
2	S_i t_i t_i t_{oi} t_{oi}	ситуация набор дей- ствий	$(\overline{UC_{i-1}}) \wedge (\overline{UC_i})$ $(UC_i) \wedge (\overline{PR})$ $CC_i \wedge (i = 1) \wedge (PR = 1)$ $PR = 1$ $(UC_i) \wedge (PR = 1)$	проверка времени ус- тановки и сохранения сигналов на выходах МС; проверка длительности пре- вращения в ситуации	UC_{i-1} - условие попада- ния в $(i-1)$ -ую ситуацию; UC_i - условие выполне- ния цикла; UC_1 - усло- вие попадания в ситуа- цию 1
3	D_0 t_i	ситуация набор M	UC	вычисление задержек выходных сигналов; пробужка времени ус- тановки и сохранения сигналов на входах МС и блоков	UC - заданное измене- ние сигналов и (или) сравнение содержимого элементов внутренней памяти МС
4	K_i t_i	ситуация набор коман- дных дей- ствий	$J = i$		J - номер ситуации

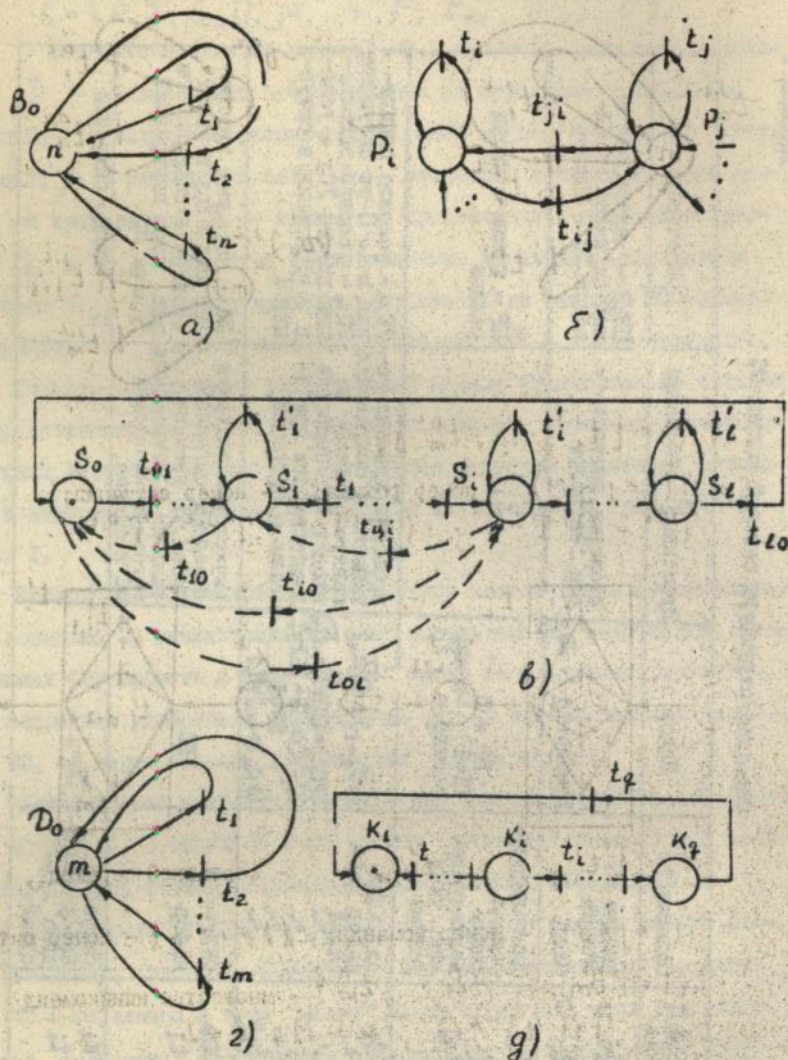
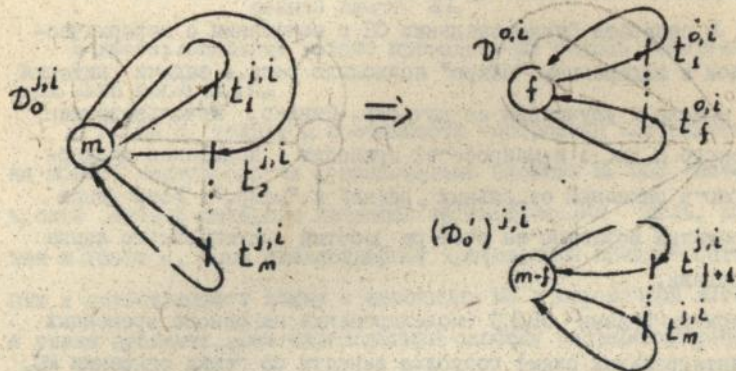


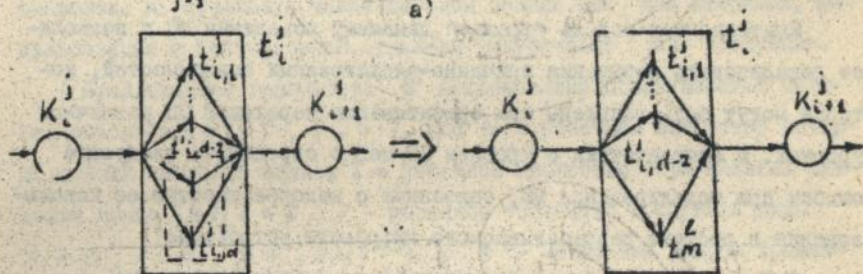
Рис. 1. Структура сетевой модели МС: нулевой уровень (а); 1-ый уровень (б); 2-ой уровень (в); 3-ий уровень (г); 4-ий уровень (д).



$$T^{j,i} = \{ t_1^{j,i}, \dots, t_m^{j,i} \},$$

где $j (1 \leq j \leq M)$ - номер режима; i - номер ситуации;

$$T^{o,i} = \bigcap_{j=1}^M T^{j,i}; \quad (T')^{j,i} = T^{j,i} \setminus T^{o,i}$$



$$t_i^j = \{ t_{i,1}^j, \dots, t_{i,d}^j \} \quad - \text{составной переход,}$$

где $j (1 \leq j \leq M)$ - номер команды; $i (1 \leq i \leq L)$ - номер ситуации

$$T^L = \{ t_m^L, \dots, t_m^L, \dots, t_m^L \} \quad - \text{множество миникоманд}$$

$$t_m^L = \bigcap_{j=1}^M \bigcap_{i=1}^L t_i^j \neq 0, \quad a \leq M, \quad b \leq L$$

б)

Рис. 2. Алгоритм декомпозиции: СИ 3-го уровня для МС 1-го класса (а) и СИ 4-го уровня (б).

модели. Представление модели функционально сложных МС МКК - использование аппарата функциональных СП в сочетании с иерархическим подходом и выделением "макро" позволило решить задачи снижения сложности модели и улучшения ее качества. Однако, использование иерархического подхода и макрооследей приводит к повышению сложности интеграции описания отдельных уровней и "макро". Устранение этого недостатка возможно за счет разработки имитационного языка описания модели.

Предложенный язык ЭВМ:С (моделирование на основе временных диаграмм интегральных схем) позволил вынести за рамки описания МС, выполняемого разработчиком-проектировщиком, и реализовать программно алгоритмы функционирования СП 0-го и I-го уровня, связь между уровнями и "макро", введение фиктивных уровней (S_0, D_0 (рис.1)) и алгоритмы их обработки.

Имитационная модель отражает динамику поведения МС и позволяет локализовать нарушения причинно-следственных зависимостей, которые могут быть выявлены при обработке переходов СП различных уровней. В соответствии с уровнем СП можно определить следующие ошибки при моделировании МС, связанные с некорректностью ее использования в составе разрабатываемого цифрового устройства:

- 0-й уровень - нарушение длительности входных сигналов;
- I-й уровень - возможность "зацикливания" при смене режимов, т.е. повторение определенной последовательности режимов при одном обращении к МС;
- 2-й уровень - нарушение времени установившегося сигнала и срабатывания сигналов на синхровходах МС, а также длительности пребывания в состоянии;
- 3-й уровень - нарушение времени установившегося сигнала и сохранения сигналов на входных, не являющихся синхровходами, и появлении запрещенных комбинаций на выводах МС;

4-й уровень - ошибки в выборе команды и при обращении к : у-
реиней памяти МС.

В диссертационной работе приведена СП-модель конкретной функцио-
нально сложной МС.

В ГЛАВЕ 3 изложены особенности построения имитационного язы-
ка МОВДС моделирования функционально сложных МС МКА, методологи-
ческой основой которого является математическая модель, рассмотрен-
ная в главе 2. Язык удовлетворяет требованиям компактности, близости
к естественному языку и описаниям МС в справочной литературе,
а также предоставляет определенную свободу разработчику-проектиров-
щику при составлении описания модели.

Даны формальные определения основных синтаксических понятий
языка МОВДС с помощью формы Бэкуса-Наура (БНН), при этом вид ле-
вой части каждой продукции ограничен единственным нетерминальным
символом, и, используя такие способы записи БНН как итерация, фак-
торизация и факторизация, удалены рекурсивные левые продукции.

Предложенная грамматика G представлена совокупностью четы-
рех объектов (N, T, P, S) , где N - конечное множество нетер-
минальных символов языка; T - конечное множество терминальных сим-
волов языка ($N \cap T = \emptyset$), P - конечное множество продукций вида
 $A \rightarrow \beta$, $A \in N$, $\beta \in (N \cup T)^*$; S - начальный символ граммати-
ки, и является контекстно свободной грамматикой.

Показано, что язык порожденный грамматикой G , является де-
терминированным контекстно свободным языком. Для детерминизации
языков применим метод синтаксического разбора типа "сверху-вниз"
(LL - разр), позволяющий построить эффективный синтаксический
анализатор.

Представленная грамматика G является $LL(k)$ -граммати-
кой, т.к. при левом стороннем выводе для выбора продукции достаточно
знать k очередных символов входной строки.

Доказана теорема об однозначности грамматики G , т.е. для любого предложения языка МОВДС все возможные схемы вывода соответствуют одному и тому же дереву вывода.

Решена задача корректности языка. При этом доказывалось, что каждую СП-модель M можно описать на языке МОВДС. В табл. 2 и на рис. 3 приведено однозначное соответствие операторов в языке и СП-модели и определены инструктирующие возможности языка, т.е. показаны элементы СП-модели, реализованные алгоритмически, поскольку они определяют особенности структуры модели, а не конкретное МС.

Представлены описания операторов языка, методика описания МС на данном языке и исследованы возможности языка как для временной, так и для программной эмуляции МС.

В ГЛАВЕ 4 разрабатывается интерпретатор языка МОВДС, осуществляющий следующие две функции:

- 1) синтаксический и семантический контроль и трансляция описания во внутреннее представление модели;
- 2) обработка внутреннего представления модели, т.е. непосредственно моделирование работы МС.

Трансляция описания на языке МОВДС осуществляется в два прохода. Первый проход осуществляет синтаксический контроль, второй — семантический. Синтаксический анализатор интерпретатора МОВДСа представляет собой нисходящий распознаватель. Построение синтаксического дерева выполняется без возвратов, что обусловлено способностью записи правил грамматики. Для представления грамматики используется язык синтаксического графа. Результат трансляции при отсутствии ошибок помещается и хранится в памяти машины, что позволяет в процессе моделирования не производить анализ исходного описания МС.

Разработанный алгоритм моделирования языка реализуется программой построения моделей функционально сложных МС МК, изложенных в главе 2, т.е. осуществляет организацию функционирования СП

Таблица 2

Соответствие СП-модели ИС к операторам языка ИСВДС

№ уровня СП-модели	Форма оператора языка	Примечание
0	программная имитация	анализ входного воздействия с использованием оператора ДИСИГН
1	- " - " -	первоначальная установка номера режима в операторе ИСХЗН, далее установка в операторе РЕЖИМ
2	ШКАЛА: ОП ₁ , ..., ОП _m . структура ОП: $S_1, \dots, S_n; H_1 = B_1, \dots, H_p = B_p; [(A_1, \dots, A_n, [CK_1]), \dots, (A_t, \dots, A_n, [CK_t])];$ $(ЕСЛИ (Y_1^1, \dots, Y_2^2) ТО (E_1)), \dots, (ЕСЛИ (Y_1^m, \dots, Y_n^n) ТО (E_x))];$	S_k - значение синхросигнала H_k с учетом его изменения; $CH_k - SK_k$ - допустимый интервал между временем вступления в ситуацию ($S_{тек} - H_k$) и выхода из ситуации $S_{тек}$; Y_1^1, \dots, Y_n^n - условия перехода в ситуацию E_k , включившие проверку изменения значений сигналов, режима ("2") и временных соотношений (СТ)
3 ИЗ В. Сред. в. шкалы ДМ Управляющих	РЕЖИМ: $S_1; ОП_1; \dots; c; ОП_t$. структура ОП: $OP_0; (B_1^1, \dots, B_p^1) OP_1; \dots; (B_1^t, \dots, B_p^t) OP_t$. OP_i состоит из операторов $(ЕСЛИ (Y_1) ЗН_1, \dots, ЗН_{n-1} (Y_n) ТО)$ (D_1, \dots, D_m)	S_k - номер ситуации; $OP_0 / OP_k, K > 0$ - описание МО, условий их выполнения и обращений к алгоритмам вычисления задержек сигналов /оператор ЭД/ для всех режимов (для режимов B_1^i, \dots, B_p^i) в ситуации S_i ; D_1, \dots, D_m - набор МО, реализуемых при выполнении условий Y_1, \dots, Y_n с учетом знака ZH_1, \dots, ZH_{n-1} ; условия могут включать анализ оператора СТ, а набор МО - установку режима оператором РЕ и выбор команды оператором ВЫБР
4	КОМ: KD_1, \dots, KD_t . структура КД: $Y(A): S_1 (OP_1^1), \dots, (OP_1^t); \dots; S_p (OP_1^p), \dots, (OP_1^t)$.	KD - описание команды или микрокоманды; $M / A /$ - номер /код/ команды или микрокоманды; OP_k^i - оператор типа ЕСЛИ-ТО-ИНАЧЕ; S_i - номер ситуации

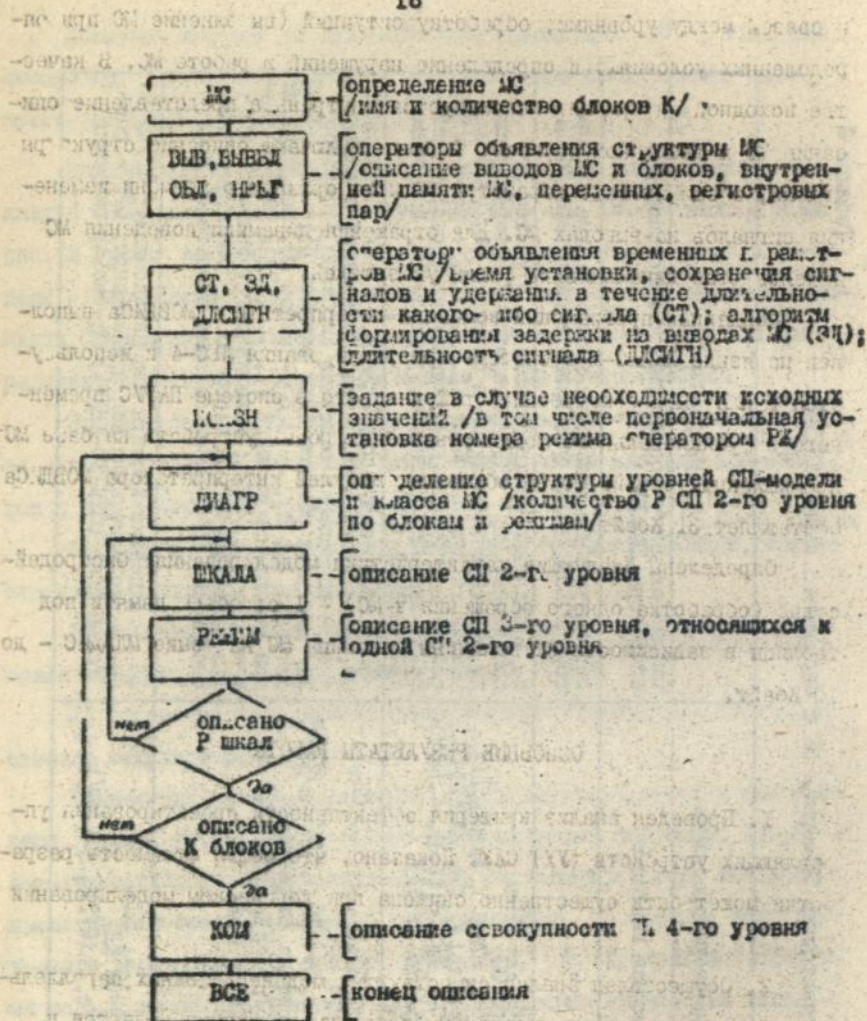


Рис. 3. Структура описания MC на языке MVDIS и его связь с СП-моделью

и связей между уровнями, обработку ситуаций (выявление ИС при определенных условиях) и определение нарушений в работе ИС. В качестве исходной информации используется внутреннее представление описания ИС в табличном формате. Таблица включает описание структуры модели, специфические параметры ИС и информацию о времени изменения сигналов на выводах ИС. Для отражения динамики поведения ИС используются динамические файлы указателей.

Созданный программный комплекс интерпретатора ИОВДИСа выполнен на языке ЛЯПАС-М в системе программирования ЛЯС-4 и используется в ИЛИ "Присоединение" г.Дуковского в системе ПАГУС временного и функционального моделирования цифровых устройств на базе ИС промышленных серий. Объем объектных модулей интерпретатора ИОВДИСа составляет 31 Кбайт.

Определены следующие характеристики моделирования: быстродействие (обработка одного обращения к ИС) - 1 с; объем памяти под таблицы в зависимости от величины описания ИС на языке ИЛД/ИС - до 10 Кбайт.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Проведен анализ критерия эффективности проектирования управляющих устройств (УУ) САУ. Показано, что общая стоимость разработки может быть существенно снижена при логическом моделировании УУ.

2. Осуществлен анализ существующих моделей сложных параллельных систем с недетерминированным поведением, какими являются и функционально сложные ИС МПК. Показано, что при решении задачи моделирования работы данных ИС и диагностирования систем управления и контроля, включающих эти ИС, наиболее эффективно использовать математический аппарат сетей Петри и методы имитационного моделирования. Обоснована целесообразность создания универсальной, ими-

тационной, основанной на СП, модели функционально сложных МС МПК.

3. Работана математическая модель функционально сложных МС МПК. Модель представляет собой описание временной диаграммы режимной работы и системы команд функционализма СП с использованием иерархического подхода. Данная модель позволяет определить режимы МС на входные воздействия и анализы. В нарушениях причинно-следственных закономерностей в работе МС при моделировании цифрового устройства, включающего ИТ, как с точки зрения логики функционирования, так и временных отношений.

4. Предложено ввести для функциональных СП дополнительный атрибут — скрепки перехода с целью отображения динамики поведения МС во времени.

5. Предложено для минимизации разработаны СП-модели МС использовать макросети и имитационный язык описания.

6. Создан язык М.М.С. моделирования функционально сложных МС МПК, методологической основой которого явилась предложенная модель МС.

7. Разработана методика описания МС на языке М.М.С. и исследованы возможности его применения.

8. Предложен алгоритм моделирования функционально сложных МС МПК, основанный на принципах функционирования разработанной СП-модели и взаимосвязи между уровнями.

9. Разработан интерпретатор языка М.М.С., включающий синтаксически и семантически анализаторы и блок моделирования, использующий предложенные алгоритмы моделирования функционально сложных МС. Определены технические характеристики моделирования интерпретатором М.М.С.

10. Реализован интерпретатор М.М.С. в системе ПАРУС временно-го и функционального моделирования цифровых устройств на базе МС промышленных сетей.

11. Использован программный комплекс интерпретатора МОБД. 1, модели БИС и СБИС МК в НИИ "Приборостроение" г.Жуковского, что подтверждено соответствующим актом внедрения.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Качур С.А. Временное и функциональное моделирование БИС микропроцессорных комплектов в САПР / Севастоп. приборостроит. ин-т. - 1988 - 16 с. - УкрНИИТИ № 2354-У88 от 15.09.88.
2. Качур С.А. Язык МОБДИС временного и функционального описания БИС для систем моделирования. - В кн.: Методы и модели идентификации производства. - К.: Изд-во Минвуза УССР, 1988.
3. Качур С.А. Язык МОБДИС: описание, применение и принципы построения транслятора / Севастоп. приборостроит. ин-т. - 1989 - 14 с. - УкрНИИТИ № 117-У89 от 3.01.89.
4. Качур С.А. Алгоритм временного и функционального моделирования БИС микропроцессорных комплектов // Приборостроение - К.: Техника, 1990. - №42. - С. 35-38.
5. Качур С.А. Описание БИС, БИС и СБИС функциональными сетями Петри с использованием аппарата типов и спецификаций / Севастоп. приборостроит. ин-т. - 1990. - 12 с. - УкрНИИТИ № 107-УК90 от 25.01.90.
6. Качур С.А. Модель БИС микропроцессорных комплектов для систем временного и функционального моделирования // Приборостроение. К.: Техника, 1992. - № 43. - С. 108-113.

АНОТАЦІЯ

При створенні, дослідженні та забезпеченні якості систем керування та контролю на базі мікропроцесорних засобів виникають проблеми на етапі проектування, зв'язані з рідко трудомісткістю виготовлення лабораторних макетів. Одним з ефективних шляхів мінімізації вартості систем автоматичного керування являється використання логічного моделювання. При моделюванні керуємих пристроїв доцільно використати як елементи системи, вироблявані промисловістю ікосхеми. Одне з основних завдань постає у створенні функційно складних ВІС та ПВІС мікропроцесорних комплектів. Як засіб розв'язання запропоновано універсальну імітаційну модель функційно складних ВІС та ПВІС, в основу якої покладено опис функційними мережами Петрі системи коді та часових діаграм режимів роботи з використанням ієрархічного підходу. Створено мову опису на основі розробленої моделі. Розроблено алгоритм моделювання ВІС та ПВІС. Запропоновано граматику мови, методичку опису ВІС та ПВІС на цій мові, та її інтерпретатор.

Ключові слова : система автоматичного керування, логічне моделювання, модель, ВІС, ПВІС, мережі Петрі.

ANNOTATION

The problems connected with growth of the production expense of laboratorial mock-up arise on the stage of projective under creation, research and designing of the quality of control and checkout systems on the base of the microprocessing means. One of effective way of the value minimization of the automatic control systems is use of logical simulation. It would be useful to apply industrial microcircuits when simulating of control device as the system elements. For this problem's decision it is suggested universal simulating model of the LSI and VLSI circuits on the base of description by functional Petri net of commands system and timing diagrams of work regimens with use of the high level description. It is created description language of the LSI and VLSI circuits on the base of elaborate model. The simulation algorithm of the LSI and VLSI circuits was developed. The suggested language grammar, description instruction of this language grammar, description instruction of this language and him interpreter are given.

Key words : automatic control system, logical simulation, model, LSI, VLSI circuits, Petri net.

(7/10)

Сдано в набор 03.03.95 г. Формат бумаги 60x90 1/16. Бумага тип. № 2. Офсетная печать. Усл. печ. л. 1,44. т. 100, заказ № 17, г. Севастополь

