

Введение

Широкое внедрение в практику цифровых методов обработки информации предъявляет высокие требования к методам схемотехнического проектирования этих устройств и профессиональной подготовке специалистов в этой области.

Настоящая монография посвящена рассмотрению вопросов синтеза цифровых устройств циклического действия, к которым относятся такие наиболее распространённые функциональные узлы цифровой техники, как счётчики импульсов, распределители импульсов, кодирующие устройства, устройства управления процессоров и др.

Термин «устройства циклического действия» вводится потому, что он отображает основное свойство, объединяющее устройства этого класса, заключающееся в том, что эти устройства под действием входных сигналов принимают одну и ту же последовательность состояний (состояний элементов памяти), которая может циклически повторяться.

Известно, что учёт свойств цифровых устройств частных классов, особенностей их алгоритмов функционирования приводит к повышению эффективности методов формализованного синтеза и увеличивает размерность решаемых задач [4, 9, 24, 25].

В монографии предлагается методика синтеза именно этих устройств частного вида (цифровых устройств циклического действия), позволяющая значительно улучшить такие их характеристики, как быстродействие, количество используемого оборудования, регулярность структуры. Она основывается на структурных схемах (моделях) этих устройств, защищённых патентами на изобретения [28–30]. Эти модели являются, в отличие от обобщённой структурной схемы цифрового автомата (модели Хаффмена), отображающей цифровое устройство без учёта свойств его алгоритма функционирования, отображением цифровых устройств частного класса и потому более эффективными, так как учитывают их особенности.

В монографии показано, в том числе на многих примерах, что в рамках этих моделей могут реализовываться различные многочисленные варианты конкретных устройств, обладающие различными свойствами, но при этом имеющие в большинстве случаев указанные преимущества.

Модели являются многоблочными структурами. Блоки имеют оригинальную структуру, алгоритм функционирования и связи между их входами и выходами.

Синтез блоков может выполняться с использованием широко известного инженерного метода с применением процедуры канонического синтеза, модели и таблиц переходов Хаффмена, основанных на теории автоматов.

Описанный подход к синтезу устройств данного класса предлагается к применению специалистами в инженерной практике как при «ручном» проектировании (при этом размерность решаемых задач практически не ограничена), так и при автоматизированном (например, в части использования уже полученных схем, приведенных в работе, и тех многочисленных схем, которые могут быть синтезированы «вручную» применительно к конкретным потребностям с учётом разнообразных критериев в качестве функциональных узлов библиотек).

Предложенные модели могут реализовываться при разработке практически всех широко известных цифровых устройств этого класса. Более тщательная проработка целесообразности и эффективности такой реализации, рассмотрение различных алгоритмов и методик могут быть осуществлены в процессе последующих исследований и практического применения их результатов. Дальнейшие исследования в этой области представляются весьма перспективными. Те решения, которые уже наработаны, целесообразно внедрять в инженерную практику разработки цифровых устройств и микросхем как обеспечивающие существенный эффект (повышение быстродействия примерно в 1,5 раза, уменьшение количества вентилях примерно на 30 %, обеспечение регулярности структуры).

Из истории развития цифровой техники известно, что большинство её оригинальных и эффективных функциональных узлов создавались эвристическими методами усилиями многочисленных изобретателей и разработчиков на основе их опыта и интуиции [6]. В данном случае речь идёт о получении рациональных решений с существенным эффектом при использовании совокупности формализованных и эвристических методов.

То есть указанные модели были получены при сочетании подхода, основанного на опыте и интуиции автора, и использования основных понятий и представлений теории конечных автоматов, в частности зависимости сложности устройства от количества его состояний и количества элементов памяти, а также взаимоотношения сложности памяти и комбинационной схемы. Важным явилось так-

же использование методов разбиения устройств на блоки (декомпозиции), рассматриваемых в теории автоматов, и др.

Монография может использоваться широким кругом специалистов по радиоэлектронике и студентами для первоначального ознакомления с практическими методами формализованного синтеза цифровых устройств, так как в ней дано краткое описание классических процедур синтеза, предваряющее изложение оригинального материала с целью сокращения затрат времени на ознакомление с ним.

При изложении вопросов, достаточно подробно рассмотренных в широко известной и особенно учебной литературе, даётся ссылка на соответствующие источники. В то же время базовым понятиям, тем более недостаточно освещенным в учебниках, уделяется больше внимания. В принципе для освоения материалов работы при отсутствии первоначальной подготовки в данной области достаточно пользоваться литературой из основного списка, которая вполне доступна широкому кругу специалистов различных областей радиоэлектроники и студентам [1–7]. Дополнительная литература предназначена для более глубокого и всестороннего изучения этой тематики [8–37].

В разделе 1 рассматривается структурная схема цифрового устройства, которую часто называют канонической, обобщённой моделью Хаффмена. Первоочередное рассмотрение этой модели, по мнению автора, является важным, так как при этом поясняются основные понятия теории автоматов, используемые в процедуре канонического синтеза и объекты (параметры), формально определяющие цифровое устройство. В результате, ввиду появившейся мотивации, более осознанно и просто должны усваиваться в процессе дальнейшего изложения суть и назначение аппарата алгебры логики и процедуры, предназначенные для определения этих параметров.

Раздел 2 посвящен изложению методики инженерного синтеза цифровых устройств на основе таблиц переходов Хаффмена с кратким описанием аппарата алгебры логики, понятий комбинационного, последовательностного, синхронного и асинхронного автоматов, процедур этапов абстрактного и структурного синтеза, методов борьбы с явлениями состязаний при синтезе и др. При этом рассматриваются примеры синтеза устройств, наглядно иллюстрирующие изложенный материал, учитывающие специфику тематики работы.

В разделе 3 кратко анализируются традиционные принципы построения цифровых устройств циклического действия. На качественном уровне оцениваются возможности улучшения их основных параметров путём изменения их структуры. Проводится синтез циклических цифровых устройств (распределителя импульсов в коде Грея

и распределителя импульсов в коде Джонсона) с использованием RS-триггеров в качестве элементов памяти вместо широко используемых в практике в таких случаях сложных триггеров типа JK, T, D и других с анализом преимуществ и недостатков этих циклических устройств. Синтез этих устройств необходим в первую очередь потому, что они используются в качестве первых блоков в многоблочной оригинальной структуре, защищённой патентами на изобретения.

В разделе 4 излагается основной оригинальный материал, касающийся описания и теоретического обоснования моделей цифровых устройств циклического действия, защищённых патентами на изобретения, с различными примерами синтеза конкретных устройств, с подробным сравнительным анализом этих устройств и известных устройств подобного типа и определением достигаемого существенного эффекта. При этом синтезируются аналоги широко используемых устройств с различными видами переноса информации (последовательным, параллельным, сквозным) и различными видами кодов для кодирования внутренних состояний и представления выходной информации. Предлагается оригинальная модификация таблиц переходов, позволяющая более компактно по сравнению с их традиционной формой описывать алгоритмы функционирования устройств данного класса и проводить синтез схем практически неограниченной размерности.

Приводятся пояснения по поводу распечаток схем для моделирования в среде Multisim всех синтезированных в работе устройств, а также порядка работы с ними в процессе моделирования.

Необходимо отметить, что рассмотренные в монографии вопросы чрезвычайно важны и не утратили своей актуальности в связи с прогрессом микроэлектроники и развитием автоматизированных систем разработки. Это следует, например, из предисловия к фундаментальной работе известного американского специалиста Дж.Ф. Уэйкерли (Проектирование цифровых устройств», том I–II. — М.: Постмаркет, 2002.), где о подходе автора к проектированию цифровых устройств сказано: «Его подход многогранен. Он основан на исходных принципах цифровой электроники, не меняющихся с развитием технологии, состоящих в рассмотрении комбинационных и последовательностных логических схем и конечных автоматов».

Основное назначение монографии — ознакомление специалистов-разработчиков цифровых устройств с эффективным оригинальным подходом к синтезу самых распространённых функциональных узлов цифровой техники.

Все схемы, синтезированные в пособии, проверены моделированием на ПЭВМ с использованием программ Multisim 6.0 и Multisim

12.0. Минимизация функций алгебры логики, описывающих логический преобразователь (комбинационную схему) в составе последовательностных устройств, также проверена с помощью этих программ.