

Интероперабельность в наносистемах¹

А.Б. Петров

Аннотация. Рассмотрены особенности и основные направления обеспечения интероперабельности в наносистемах.

Ключевые слова: интероперабельность, наносистема, функциональная стандартизация.

Введение

Развитие элементной базы вычислительных структур, основанных на новых физических явлениях, переход на использование наноэлементов и наноструктур в качестве основы реализации перспективных вычислительных устройств требуют выработки общих принципов построения наноустройств и наносистем на их основе, а также обеспечения возможностей взаимодействия наноустройств и наносистем с внешней средой, которая будет представлена традиционной схемотехникой, интерфейсами и принципами построения.

Одним из важных свойств существующих систем является открытость, под которой понимается обеспечение таких характеристик, как переносимость, масштабируемость, интероперабельность и дружелюбный интерфейс пользователя [1-2]. Для наносистем эта задача крайне актуальна. Поэтому было бы привлекательно использовать опыт разработки, методы и подходы к проектированию, архитектурные решения и методики реализации существующих систем для создания перспективных наносистем.

В рамках данной статьи рассмотрены теоретические аспекты обеспечения интероперабельности в наноустройствах и наносистемах с целью переноса существующего опыта обеспечения интероперабельности на новую элемент-

ную базу, архитектуру построения и с учетом новых функциональных особенностей и технических характеристик.

Обеспечение единства подходов к проектированию наносистем

Применение перспективных наносистем должно быть тесно увязано с существующей инфраструктурой. В противном случае, при их использовании встанет задача разработки преобразователей (адаптеров), обеспечивающих взаимодействие наносистем и внешней среды. Экономически выгодно использовать накопленный опыт, технологии и средства проектирования существующей схемотехники для объектов наноэлектроники. К ним, например, можно отнести:

- интерфейсы взаимодействия;
- архитектурные решения по построению открытых систем, включая обеспечение переносимости, интероперабельности, масштабируемости и т.д.;
- эталонные модели систем;
- принципы проектирования;
- подходы по обеспечению безопасности функционирования;
- методы функциональной стандартизации;
- обеспечивающие процессы (процессы жизненного цикла, процессы моделирования, САПР и т.д.);

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант 09-07-00171-а «Исследование фундаментальных аспектов обеспечения интероперабельности»).

- технологии практической реализации разработанных решений (COT`S и т.д.).

Конечно, без некоторой модификации существующие подходы, технологии и средства проектирования применить к объектам нанoeлектроники в ряде случаев вряд ли удастся. Потребуется, например, увеличение объемов памяти для хранения цифровых образов, формирование библиотек новых элементов, изменение типовых настроек и т.д.

Объемы затрат на подобную модификацию на порядок меньше затрат на разработку новых решений, следовательно, они оправданны. А если рассматривать процессы проектирования смешанных (на основе полупроводниковой схемотехники и наносхемотехники) устройств и систем в едином цикле, оправданность таких подходов становится еще более очевидной.

Особенности нанoeлектроники при обеспечении интероперабельности

Обеспечение интероперабельности в нанoeлектронике имеет как ряд общих подходов, объектов и закономерностей стандартизации, справедливых для всех типов устройств и систем - от традиционной схемотехники до нанoeлектроники, так и ряд особенностей, связанных с практической реализацией элементов, устройств и систем.

Представляется возможным выделить слой задач (слой решений), который будет инвариантным по отношению к материалам и технологии реализации элементной базы, к методам реализации вычислительных процедур и процедур обработки информации. К ним относятся:

- решения на уровне реализации системы;
- интерфейсы обмена данными системы с внешней средой (выше третьего уровня модели OSI);
- архитектуры вычислительных устройств и систем;
- архитектуры массивов памяти;
- общие принципы, модели и архитектуры открытых систем;
- общие подходы, семантические модели и технологии поиска и обработки информации.

Приведенный список задач не является исчерпывающим.

К задачам, которые, так или иначе, будут зависеть от материалов и технологий, можно отнести:

- конкретные топологии реализации вентиляей, элементов памяти, логических элементов и устройств;
- особенности внутренних интерфейсов обмена данными и интерфейсов обмена с внешней средой (первые три уровня модели OSI);
- отдельные архитектурные принципы построения перспективных вычислительных устройств и информационных систем.

Отдельно должен рассматриваться круг задач, связанных с обеспечением воспроизводимости наперед заданных параметров наноструктур, нанoelementов и иных схемных решений в условиях их массового изготовления. Здесь уместно говорить о выделении интервалов гарантированной работоспособности [3-4] подобных элементов в значительном диапазоне изменения основных характеристик.

Обеспечение интероперабельности элементов нанoeлектроники, наряду с использованием уже сложившихся решений, потребует поиска новых решений.

Исходя из этого, можно выделить ряд новых направлений работ по обеспечению интероперабельности для объектов нанoeлектроники. К ним относятся:

- интероперабельность интерфейса взаимодействия наносистем и внешней среды (нанoeлектроники и полупроводниковой электроники – на физическом уровне взаимодействия, протоколов и форматов представления данных – на логическом уровне, семантики и формы представления данных – на информационном уровне);
- интероперабельность операционных сред и приложений (перенос системного и прикладного программного обеспечения с полупроводниковых вычислительных устройств на нанoeлектронные);
- интероперабельность каналов передачи данных (по скорости, форматам, протоколам и т.д.);
- интероперабельность систем, реализованных на основе нанoeлектроники: при переходе от одного типа наноструктур и нанoelementов к другому, при взаимодействии двух и более наносистем, при объединении наносистем в систему более высокого уровня (вертикальная интероперабельность) и при объединении наноси-

стем между собой (горизонтальная интероперабельность);

- интероперабельность массива наноэлементов, расположенных на одном кристалле (подложке), связанная с обеспечением переноса функций с одних наноэлементов на другие при невозможности их выполнения первыми;

- интероперабельность устройств наноэлектроники, выполненных на основе разных наноструктур, наноэлементов, наноматериалов.

Приведенный список, конечно, не является исчерпывающим.

Придание наноустройствам и наносистемам свойства интероперабельности надо рассматривать как одно из направлений работ по применению методов функциональной стандартизации к объектам наноэлектроники для обеспечения открытости наносистем, то есть для обеспечения интероперабельности возможно применять типовые подходы функциональной стандартизации [2, 5, 6].

Основные объекты функциональной стандартизации, обеспечивающие интероперабельность

Применение методов функциональной стандартизации к объектам наноэлектроники начинается с выделения, согласно [5, 6], основных объектов функциональной стандартизации исходя из состава и структуры решаемых задач. К ним можно отнести [7]:

- физические интерфейсы взаимодействия традиционных схмотехнических элементов и элементов наносхмотехники;

- логические интерфейсы взаимодействия традиционных схмотехнических элементов и элементов наносхмотехники;

- собственно элементы наносхмотехники;

- наноструктуры, на основе которых реализуются элементы наносхмотехники;

- материалы, на основе которых реализуются наноструктуры.

Для обеспечения интероперабельности в наноэлектронике существенную роль будут играть только первые три группы объектов. Рассмотрим более детально эти объекты и покажем, за счет чего будет обеспечиваться интероперабельность (рисунок и таблица)

Анализируя содержание таблицы, можно сделать вывод о том, что для обеспечения интероперабельности требуется выполнить стандартизацию ряда объектов наноэлектроники, причем здесь уместно говорить о применении методов функциональной стандартизации [5, 6] вследствие того, что для каждого объекта требуется учесть комплекс характеристик, свойств и процессов во взаимосвязи с общей задачей обеспечения интероперабельности.

Применение методов функциональной стандартизации

Применение методов функциональной стандартизации обеспечивает поиск комплексных эффективных решений, позволяющих создавать такие наноустройства и наносистемы, которые, с одной стороны, обеспечат пионерские характеристики по производительности, скорости обработки информации, массо-габаритным характеристикам и т.д., а, с другой стороны, позволят интегрировать перспективные наноустройства и наносистемы с существующей информационно-вычислительно-телекоммуникационной инфраструктурой.

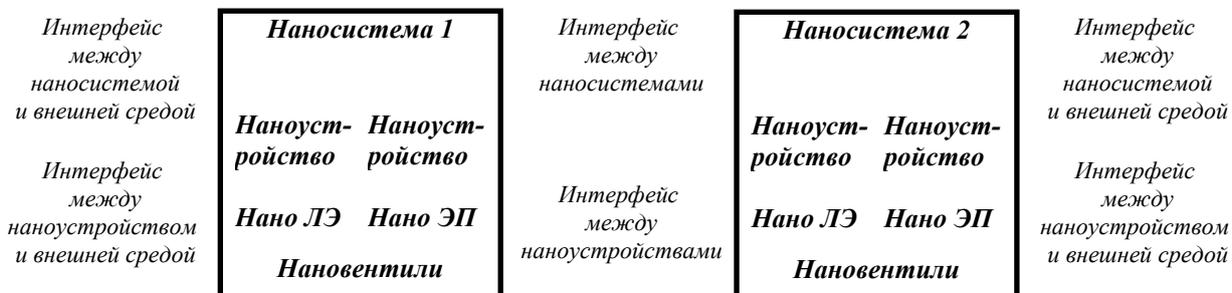


Рис. 1. Объекты наноэлектроники, обеспечивающие свойство интероперабельности

ЛЭ – логический элемент, ЭП – элемент памяти

Табл. 1. Объекты, обеспечивающие интероперабельность элементов наноэлектроники

Объект	Уровень рассмотрения	Содержание стандартизации
Нановентиль	Логический	Кодировка сигналов и состояний
Логический наноэлемент	Физический	Схемотехнические решения и характеристики информационных сигналов
	Логический	Кодировка сигналов и состояний
Наноэлемент памяти	Физический	Схемотехнические решения и характеристики информационных сигналов
	Логический	Кодировка сигналов и состояний
Наноустройство	Микроуровень	Типизация схемотехнических решений
	Физический	Интерфейсы, связывающие нано-устройства между собой, а также наноустройство и внешнюю среду
	Логический	Кодировка сигналов
Наносистема	Микроуровень	Типизация схемотехнических решений на основе нано-элементов и наноустройств
	Физический	Интерфейсы, связывающие наносистемы между собой, а также наносистему и внешнюю среду
	Логический	Типизация информационных процессов
Интерфейс взаимодействия между элементами наноустройства (наносистемы)	Физический	Протоколы, форматы, сигналы
	Логический	Типизация информационных процессов
	Семантический	Понятные схемы, представление информации, единообразие описаний объектов
Интерфейс взаимодействия между наноустройством (наносистемой) и внешней средой	Физический	Протоколы, форматы, сигналы
	Логический	Типизация информационных процессов
	Семантический	Понятные схемы, представление информации, единообразие описаний объектов

Практическим результатом применения методов функциональной стандартизации является разработка профиля объекта. Для объектов наноэлектроники разрабатывать профили возможно двумя путями:

- с использованием методики, изложенной в [5, 6];
- на основе результатов экспериментальных исследований по отработке наиболее эффективных решений [8].

Первый путь разработки профилей ориентирован на такие объекты функциональной стандартизации, как архитектура систем, среда информационных систем, интерфейсы взаимодействия между элементами и (или) системами и т.д.

Второй путь будет применяться к решениям, которые зависят от свойств материала, технологии реализации, таким, как конкретные топологии реализации, особенности интерфейсов обмена данными, отдельные архитектурные принципы построения.

Заключение

Разумеется, представленные аспекты обеспечения интероперабельности объектов наноэлектроники являются наиболее общими. Более

подробная детализация будет проводиться по мере выполнения детальных проработок каждого из аспектов, выполнения экспериментальных проработок, а также развития самой наноэлектроники. Вместе с тем, раннее определение стратегии обеспечения интероперабельности позволит сократить затраты на исследования в области создания перспективных наноустройств и наносистем за счет выбора определяющих путей реализации решений на основе стандартизованных подходов.

Литература

1. ISO/IEC TR 10000-1:1998 Information technology. Framework and taxonomy of International Standardized Profiles. Part 1. General principles and documentation framework. ISO/IEC TR 10000-1:1998 Information technology. Framework and taxonomy of International Standardized Profiles. Part 2. Principles and taxonomy for OSI profiles. ISO/IEC TR 10000-1:1998 Information technology. Framework and taxonomy of International Standardized Profiles. Part 3. Principles and taxonomy for open system environment profiles.
2. IEEE Std.1003.23:1995 IEEE Guide for Developing User Organization Open System Environment (OSE) Profile.
3. Петров А.Б. О повышении безопасности устройств и систем. – «Надежность», №4 (15) 2005 г. - с. 3-7.
4. Петров А.Б. Анализ функционирования устройств и систем с использованием нечеткой логики. «Инфор-

- мационные технологии моделирования и управления», №3(21), 2005 – с.383 -389
5. Рекомендации по стандартизации Р.50.1.041-2002 Рекомендации по стандартизации. ИТ. Руководство по проектированию профилей среды открытой системы (СОС) организации пользователя.
 6. Технология открытых систем. Гуляев Ю.В., Олейников А.Я., Петров А.Б. и др. /Под. ред. Олейникова А.Я. - М., «Янус-К», 2004 - 288 стр.
 7. Петров А.Б. Стандартизация наноструктур. - Сб. трудов Пятой Международной научно-практической конференции «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности», С.-П., 28-30 апреля 2008 г., том 13 – с. 218 - 220.
 8. Nanoelectronics Standards Roadmap. Ver.1.0 – IEEE-SA, 14 April 2007. – 119 p.

Петров Андрей Борисович. Декан факультета информационных технологий ГОУ ВПО Московский институт радиотехники электроники и автоматики (технический университет). Окончил в 1988 году Московский институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет) (МИРЭА). Доктор технических наук, профессор. Автор более 200 печатных работ, в том числе 4 патента и более 10 монографий. Область научных интересов: безопасность функционирования устройств и систем, функциональная стандартизация, информационные системы и технологии, открытые информационные системы, наноэлементы информационных систем. E-mail: petrov@mirea.ru.