

Предложенная архитектура аналитической подсистемы извлечения знаний, основанной на базе СУБД PostgreSQL, позволяет эффективно организовать процессы аналитики и извлечения знаний в различных предметных областях, таких, как искусственный интеллект, системы поддержки принятия решения, техническое зрение, мультимедиа-технологии и др. СУБД PostgreSQL применяется как для хранения анализируемых данных, так и для хранения извлеченных знаний. Для представления моделей в СУБД предлагается использовать стандарт PMML. Стандарт SQL/MM позволяет предоставлять унифицированный доступ пользователей к аналитической подсистеме, а также унифицированный API для различных программных средств.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барсегян А. А. Анализ данных и процессов. 3-е изд. СПб.: БХВ-Петербург, 2009.
2. Jamieson S. Micro Telecommunications Computing Architecture. Short Form Specification – Micro Telecommunications Computing Architecture. PICMG® MTCA.0 R1.0, Sept. 21st. 2006.

V. S. Abaturov

THE ARCHITECTURE OF INDUSTRIAL ANALYTICAL DATA MINING SYSTEMS

The variant of the architectural solutions of analytical subsystems for industrial and aircraft applications based on PostgreSQL database is presented in the article. It is proposed to implement Data Mining classical phases, including training phase, testing phase and application phase using the stored procedures of PostgreSQL database. The architecture of the subsystem corresponds the requirements of the SQL/MM and PMML.

Analytical subsystem, Data Mining, analytical database

УДК 519.713; 530.145; 004.27; 004.414

И. В. Матвеева, В. А. Калмычков

ГИБКИЕ МАРШРУТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ В VI-СРЕДАХ САПР

Рассмотрено применение гибких маршрутов проектирования на примере построения многоуровневых спецификаций квантовой цепи для сумматора.

Кубит, квантовая цепь, сумматор, гибкий маршрут проектирования

Нанотехнологии все активнее становятся существенной составляющей нашей жизни, предлагая новые решения для традиционных задач. Важные изменения происходят и в области компьютерных технологий, при этом выход элементной базы на нанометрический уровень четко обозначил предельные возможности по дальнейшему ее развитию. По оценкам специалистов Российского квантового центра наиболее перспективны в качестве технологий реализации квантовых цепей технологии, основанные на атомах, ионах, сверхпроводящих схемах, одиночных спинах в твердотельных системах. Актуальной становится задача исследования особенностей компьютерной элементной базы именно на атомарном уровне ее реализации, а также развитие соответствующих методов проектирования. Необходим переход от реализации классических способов (алгоритмов) обработки данных к новым вариантам, учитывающим особенности процессов в принципиально иной технологической среде. Для описания таких подходов может быть использована модель представления квантовых цепей [1].

Предложения по системам автоматизации проектирования устройств в нотации квантовых цепей существуют, но имеют скорее архитектурный характер при наличии и предложений по их реализации. Например, Методы и др. [2] предложена однородная квантовая архитектура на основе логического массива и инструментарий для автоматической

генерации последовательности физических операций для построения квантовой цепи. Специализация применения разрабатываемых в настоящее время приложений под конкретные области находится в центре внимания специалистов в области САПР. Создание VI-сред САПР [3] является комплексной проблемой, требующей разрешения ряда физических, технологических, математических и методологических вопросов, в частности применительно к особенностям квантовых вычислений.

Идея реконфигурируемого вычисления принадлежит Эстрину [4], предложившему в 1960-х гг. архитектуру компьютера из стандартного процессора и реконфигурируемого набора аппаратных средств, обеспечивающих выполнение специфических действий. Процессор управляет поведением этих аппаратных средств. Фактически была выдвинута идея гибридной архитектуры компьютера – сочетание программного управления и настраиваемых аппаратных средств. Применительно к проектированию квантовых вычислительных устройств интерес представляют идеи Своре и др. [5] по четырехэтапному маршруту проектирования, заключающиеся в следующем: предлагается многоуровневая архитектура, основанная на четырех этапах маршрута компьютерного проектирования, который реализует вычисления преобразованием исходной программы на языке высокого уровня, представляющей квантовый алгоритм, в квантовое устройство. Квантовая цепь синтезируется вначале с использованием преобразователей C^k NOT, с последующим разложением на элементарные квантовые преобразователи [6]. Некоторые элементарные квантовые преобразователи могут быть непосредственно применены в процессе синтеза. Добавляя различные процедуры оптимизации и исправления ошибок на соответствующих этапах маршрута проектирования, исследователи, разработчики алгоритмов и создатели инструментов имеют возможность улучшить производительность и точность.

Большинство предложений по физической реализации квантового компьютера предполагают взаимодействия только между смежными (ближайшими) кубитами. К примеру, реализации на основе ионных ловушек и ядерно-магнитного резонанса (NMR) были разработаны на основе взаимодействия между кубитами, расположенными в линейно ближайшем соседстве (ЛБС) [6]. Если можно показать, что цепь эффективно реализуема в представлении в ЛБС-нотации, то она может хорошо работать в различных архитектурах. Представление цепи в ЛБС-нотации часто рассматривается как один из возможных подходов, приближающих к желаемой масштабируемой квантовой архитектуре.

Определим архитектуру подсистемы VI-среды генерации спецификаций квантовых цепей. На рис. 1 представлена предложенная авторами архитектура подсистемы VI-среды САПР LNNQCAD [6], включающая несколько инструментов автоматизированного проектирования, которые охватывают основные задачи процедур генерации квантовых цепей, минимизации (топологической и временной), анализа и моделирования.

В результате работы подсистемы VI-среды САПР LNNQCAD формируется многоуровневая спецификация квантового объекта (цепи) с переходами между уровнями. Она включает поэтапную трансляцию спецификации в абстрактной форме (точная математическая семантика) в модельные конструкции промежуточных уровней (спецификации представления квантовой цепи в различных нотациях), явную реализацию (симуляцию) квантовой цепи на заключительном физическом уровне, а также статистическую аналитическую таблицу Excel и протоколы лексического анализатора для всех видов спецификаций в нотации квантовой цепи.

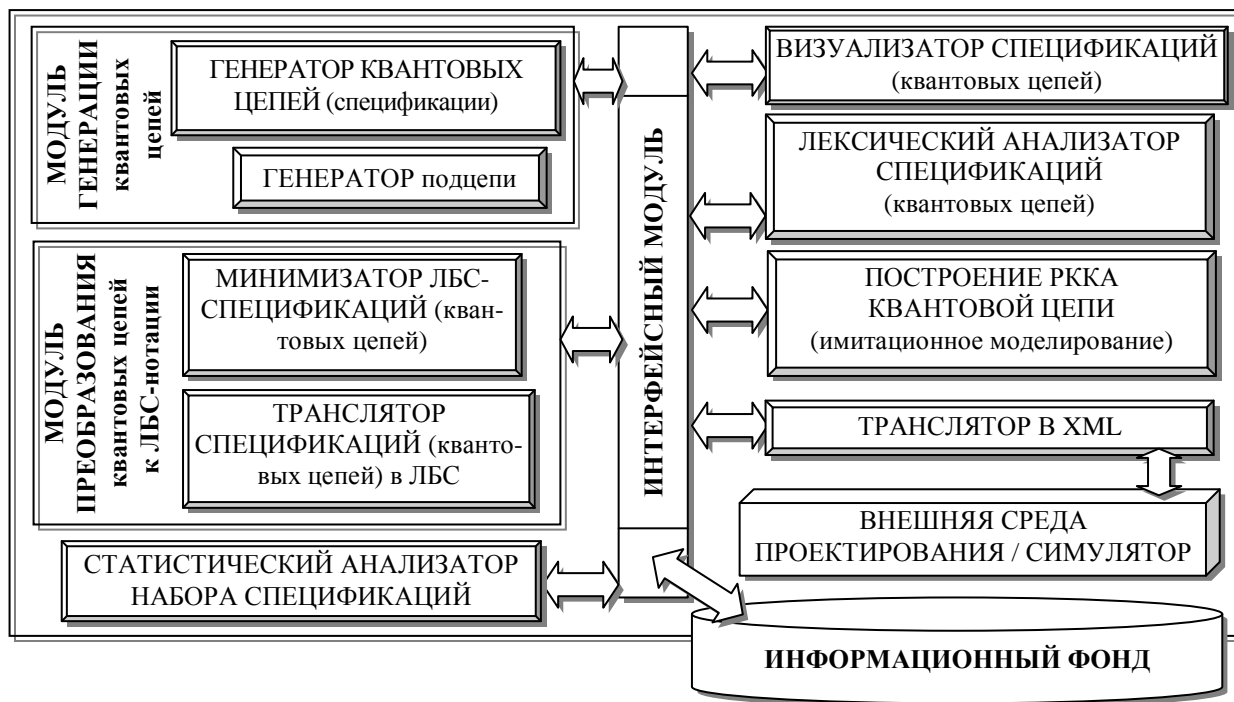


Рис. 1

Для представления преобразователя в ЛБС-нотации используется метод на основе изменения порядка линий кубитов с применением квантовых преобразователей SWAP: один ставится на соответствующие линии перед преобразователем, приводимым к ЛБС-нотации, а второй после него – для восстановления исходного порядка линий кубитов. Используется столько пар преобразователей SWAP, сколько линий кубитов требуется сдвинуть для приведения преобразователя к ЛБС-нотации. Дальнейшая минимизация преобразователей SWAP учитывает их совместную или параллельную работу с получением МЛБС-спецификации в итоге [7].

Подсистема LNNQCAD организована как набор модулей и позволяет осуществить гибкую перестраиваемость маршрутов проектирования, в том числе и с привлечением внешних сред проектирования (симуляции) на разных стадиях. Обобщенный маршрут проектирования квантовой цепи [7] включает вариативные гибкие маршруты проектирования в зависимости от решаемых задач. Один из возможных маршрутов с привлечением внешних сред проектирования (симуляции) рассмотрен на рис. 2, при этом задействованные этапы выделены жирной линией.

В качестве примера реализации гибкого маршрута проектирования выбрана квантовая цепь однокубитового сумматора (рис. 3, а), где s обозначает входной перенос, x и y – слагаемые, а s и c' – итоговые сумму и перенос. Фактически входные данные являются графической спецификацией квантовой цепи в формате внешней среды, а также ее описанием на языке внешней среды. На любом этапе имеется возможность прерваться и получить необходимый набор спецификаций.

Штриховой линией на рис. 2 обведены спецификации, формируемые в результате работы подсистемы и составляющие многоуровневую спецификацию. В примере спецификация квантовой цепи преобразуется к ЛБС-спецификации (рис. 3, б), а на этапе минимизации получается МЛБС-спецификация (рис. 3, в). Проверка полученных спецификаций выполнялась программой лексического анализа [7], [8] осуществляемых преобразований,

написанной на языке C++. Визуализация реализуется с помощью графической спецификации квантовой цепи, которая приведена на рис. 3. Получаемые ЛБС- и МЛБС-спецификации могут быть транслированы и в нотацию внешнего симулятора.

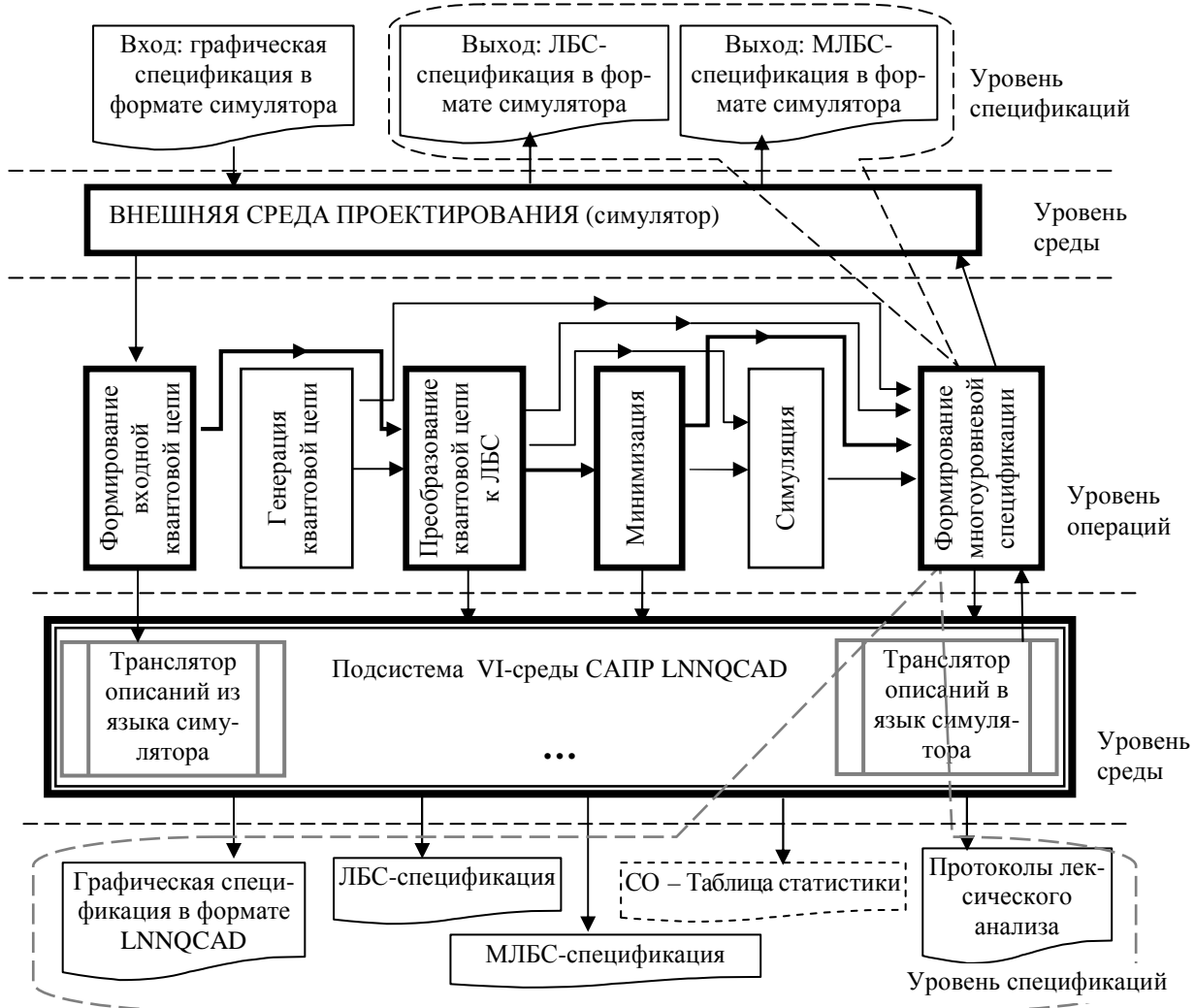


Рис. 2

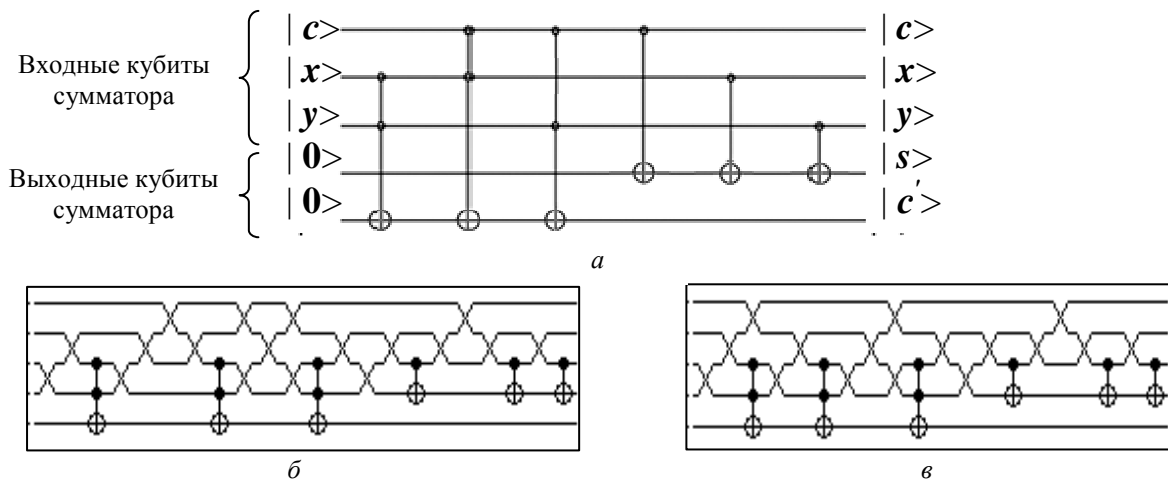


Рис. 3

Состояние входного квантового регистра может быть представлено в виде тензорного произведения соответствующих кубитов (их состояния представлены коэффициентами):

$$\underbrace{\begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}}_{\text{выходные кубиты}} \otimes \underbrace{\begin{bmatrix} e \\ f \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} c \\ d \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}}_{\text{входные кубиты}}.$$

Состояние выходного квантового регистра в результате работы сумматора формируется по правилам соответствующих преобразователей $C^k\text{NOT}$:

$$\begin{aligned} & \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ f \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ d \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ f \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ d \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} a \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} e \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} c \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} + \\ & + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} e \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} c \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} a \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ f \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} c \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ f \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} c \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} a \\ 0 \end{bmatrix} + \\ & + \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} e \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ d \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ b \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} e \\ 0 \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} 0 \\ d \end{bmatrix} \otimes \begin{bmatrix} a \\ 0 \end{bmatrix}. \end{aligned}$$

Краткий протокол лексического анализа для квантовой цепи однокубитового сумматора приводится по сопоставлению слов на входе и на выходе с рассмотрением вариантов с переносом и без переноса (рис. 4). Чтение двоичных слов справа налево обусловлено расположением кубитов в квантовом регистре – сверху вниз на рис. 3.

Вход (регистр)		Выход (регистр) при использовании переноса		Выход (регистр) без использования переноса			
<u>11eca</u>	00000	11eca	00000	Интерпретация состояний	<u>11eca</u>	00000	Интерпретация состояний
<u>11ecb</u>	00001	10ecb	00001	входных и выходных ку-	<u>10ecb</u>	00001	входных и выходных кубит-
<u>11eda</u>	00010	10eda	00010	битов:	<u>10eda</u>	00010	битов:
<u>11edb</u>	00011	01edb	00011		<u>01edb</u>	00011	
<u>11fca</u>	00100	10fca	00100	<u>00001</u> → <u>01001</u>	<u>10fca</u>	00100	<u>00000</u> → <u>00000</u>
<u>11fcb</u>	00101	01fcb	00101	Справа налево:	<u>01fcb</u>	00101	Справа налево:
<u>11fda</u>	00110	01fda	00110	1 + 0 + 0 → 1 - 0	<u>01fda</u>	00110	0 + 0 + 0 → 0 - 0
<u>11fdb</u>	00111	00fdb	00111		<u>00fdb</u>	00111	
10eca	01000	10eca	01000	<u>00101</u> → <u>10101</u>	10eca	01000	<u>00100</u> → <u>01100</u>
10ecb	01001	<u>11ecb</u>	<u>01001</u>	Справа налево:	<u>11ecb</u>	01001	Справа налево:
10eda	01010	11eda	01010	1 + 0 + 1 → 0 - 1	<u>11eda</u>	01010	0 + 0 + 1 → 1 - 0
10edb	01011	00edb	01011		<u>00edb</u>	01011	
10fca	01100	11fca	01100	<u>00011</u> → <u>10011</u>	<u>11fca</u>	01100	<u>00010</u> → <u>01010</u>
10fcb	01101	00fcb	01101	Справа налево:	<u>00fcb</u>	01101	Справа налево:
10fda	01110	00fda	01110	1 + 1 + 0 → 0 - 1	<u>00fda</u>	01110	0 + 1 + 0 → 1 - 0
10fdb	01111	01fdb	01111		<u>01fdb</u>	01111	
01eca	10000	01eca	10000	<u>00111</u> → <u>11111</u>	01eca	10000	<u>00110</u> → <u>10110</u>
01ecb	10001	00ecb	10001	Справа налево:	00ecb	10001	Справа налево:
01eda	10010	00eda	10010	1 + 1 + 1 → 1 - 1	00eda	10010	0 + 1 + 1 → 0 - 1
01edb	10011	<u>11edb</u>	<u>10011</u>		<u>11edb</u>	10011	
01fca	10100	00fca	10100		00fca	10100	
01fcb	10101	<u>11fcb</u>	<u>10101</u>		<u>11fcb</u>	10101	
01fda	10110	<u>11fda</u>	<u>10110</u>		<u>11fda</u>	<u>10110</u>	
01fdb	10111	10fdb	10111		10fdb	10111	
00eca	11000	00eca	11000		00eca	11000	
00ecb	11001	01ecb	11001		01ecb	11001	
00eda	11010	01eda	11010		01eda	11010	
00edb	11011	10edb	11011		10edb	11011	
00fca	11100	01fca	11100		01fca	11100	
00fcb	11101	10fcb	11101		10fcb	11101	
00fda	11110	10fda	11110		10fda	11110	
00fdb	11111	<u>11fdb</u>	<u>11111</u>		<u>11fdb</u>	11111	

Рис. 4

В качестве внешней системы автоматизации проектирования квантовых вычислений на сегодняшний день могут быть использованы и разнообразные квантовые симуляторы, позволяющие сгенерировать квантовую цепь. Широкий обзор симуляторов представлен в Интернете. Большинство из них реализует какую-нибудь одну функцию – например конкретную декомпозицию для конкретного набора унитарных матриц. Применение таких симуляторов подразумевает разработку соответствующих трансляторов для обмена данными с VI-средой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nielsen M. A., Chuang I. L. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge: Cambridge Univ. Press, 2000.
2. Design-space exploration of fault-tolerant building blocks for large-scale quantum computing / T. S. Metodi, D. D. Thaker, A. W. Cross et al. // Proc. of IEEE Intern. Symp. on Nanoscale Architectures. 2007. P. 7–14.
3. Лозовой Л. Н. Процессо-ориентированный подход к построению современной среды проектирования САПР-VI // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Сер. «Управление, информатика и вычислительная техника». 2001. Вып. 1. С. 16–18.
4. Estrin G. Organization of Computer Systems. The Fixed Plus Variable Structure Computer // Proc. Western Joint Computer Conf., New York, 1960. P. 33–40.
5. Toward a software architecture for quantum computing design tools / K. Svore, A. Aho, A. Cross et al. // Proc. of the 2nd Intern. Workshop on Quantum Programming Languages (QPL). 2004. P. 145–162.
6. Проектирование спецификаций квантовой цепи на основе анализа статистической информации / И. В. Матвеева, К. В. Власова, М. А. Линник, Е. Д. Синявская, Л. А. Фокин // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 1. (Электронный журнал) URL: <http://www.science-education.ru/107-a8131>.
7. Калмычков В. А., Матвеева И. В. Модельные представления в проектировании высокопроизводительных квантовых вычислений. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2012.
8. Матвеева И. В., Калмычков В. А. Рекурсивно-лексическая методика расстановки квантовых преобразователей для задач автоматизированного проектирования // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. Вып. 6. С. 52–57.

I. V. Matveeva, V. A. Kalmyckov

FLEXIBLE DESIGN FLOWS FOR QUANTUM COMPUTING DEVICES BY VI- ENVIRONMENTS CAD

This article discusses the use of flexible design flows by example of multilevel specifications design of quantum circuit for the adder.

Qubit, quantum circuit, the adder, flexible design flows

УДК 519.7+681.51

***В. О. Агеев, А. В. Арасланов, И. А. Васильев,
Я. В. Васильева, Т. Л. Качанова, Б. Ф. Фомин, О. Б. Фомин***

ПРОИЗВОДСТВО СИСТЕМНОГО ЗНАНИЯ ДЛЯ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ФИНАНСОВОГО СОСТОЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ

Методы анализа финансового состояния предприятий являются в своей сущности экспертными. В статье представлен новый унифицированный подход, в рамках которого на научной основе автоматически производится достоверное системное знание о финансовом состоянии хозяйствующих субъектов.

Финансовое состояние предприятий, сравнительный анализ состояний, физика открытых систем, производство системного знания

Подготовка принятия решений в сфере финансового менеджмента связана с многоаспектным анализом финансового состояния (ФС) компаний. Научное понимание и рациональное объяснение ФС интересны менеджерам компании, ее акционерам и кредиторам, сотрудникам предприятия, налоговым органам, аудиторским службам.