

*ЛЯПИН П.С.,  
МЕЛЬНИЧУК Р.М.,  
ФИНОГЕНОВ А.Д.*

## **ГРАФИЧЕСКИЕ РЕДАКТОРЫ ДЛЯ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Целью статьи является формирование общих требований для разработки редактора электронных схем в рамках создания средств автоматизированного проектирования с доступом через Internet. На основе анализа существующих решений в данной области предложен набор стандартных функций, необходимых инженеру-разработчику и приоритетных для реализации в веб-редакторе.

The purpose of this paper is the establishment of common requirements for the design editor of electronic circuits in a computer-aided design tools to access the Internet. Analysis capabilities available today decisions in this field will conclude on a set of standard functions necessary development engineer and priorities for implementation in a web editor.

### **1. Введение**

История разработки специализированных графических редакторов насчитывает не одно десятилетие. Параллельно с усовершенствованием аппаратных средств и, в первую очередь, средств визуализации, менялись и подходы к созданию графического интерфейса пользователя и в частности схемных редакторов. Наличие редактора на сегодняшний день стало стандартом де-факто для САПР.

Одним из современных направлений развития САПР является создание веб-средств проектирования (не путать со средствами веб-проектирования), что, соответственно, влечет за собой необходимость в создании соответствующих графических редакторов. При этом абсолютное большинство существующих редакторов предназначено для использования на локальном компьютере пользователя и реализация функций не учитывает специфики веб-приложений, а их графический интерфейс, набор функций, компоновка могут существенно отличаться.

Поэтому выделение типовых функций графических схемных редакторов для дальнейшей реализации в графическом веб-редакторе электронных схем является достаточно актуальной.

### **2. Классификация и анализ возможностей графических редакторов**

Графические редакторы электронных схем в зависимости от режима использования можно разделить на два класса:

– специализированные графические схемные редакторы (ГСР);

– ГСР общего назначения.

Под специализированными ГСР будем понимать схемные редакторы, которые входят в состав программных средств EDA (Electronic Design Automation). Комплексы EDA предназначены для облегчения разработки электронных устройств, создания микросхем, печатных плат [1]. Типичным представителем данного класса графических схемных редакторов является OrCAD [2].

К ГСР общего назначения относятся редакторы, которые помимо графических примитивов и текста позволяют использовать различные символические объекты, в том числе и элементы принципиальных электрических схем, и не направлены на дальнейшую обработку построенной схемы. Данные редакторы имеют более широкие графические возможности по сравнению с редакторами, входящими в состав средств САПР. Чаще всего, использование данных редакторов обусловлено необходимостью разработки документации и требованиями к форматам, используемым в издательствах. Примером таких систем является редактор Microsoft Visio [3].

Для сравнения были выбраны последние версии наиболее распространенных схемных редакторов и пакетов САПР, содержащих их в своем составе (табл. 1).

#### **2.1 Специализированные графические схемные редакторы**

Помимо основных возможностей рисования и визуализации, современные специализированные графические схемные редакторы

Табл.1. Графические схемные редакторы

Редактор	Фирма, страна	ОС	Размер дистрибутива*	Стоимость*
Altium Designer 9 [4]	Altium Ltd, Австралия	Win	1,63 Гб	0-5000\$
AutoTrax EDA 10.01 [5]	Kovac Software, США	Win	23,4 Мб	199\$
Board Maker 3 [6]	Tsien Ltd., Великобритания	Win	43,1 Мб	350£
CADSTAR 12.1 [7]	Zuken, Великобритания	Win	171 Мб	1000£
DipTrace 2.1 [8]	Novarm Ltd, Украина	Win, Linux, Mac	46 Мб	585€
EdWinXP 1.80 [9]	Visionics, Швеция	Win	112,2 Мб	100-3030\$
Electric VLSI Design System 9.0 [10]	Static Free Software, США	Win, Linux, Mac	18 Мб	0-40\$
Electronics Workbench 5.12 [11]	Electronics Workbench, Канада	Win	7 Мб	25-18760\$
HiPAC-EDT 1.0 [12]	Infineon Technologies AG, Германия	Win	4.1 Мб	0
Micro-CAP 10 [13]	Spectrum Software, США	Win	700 Мб	4495\$
Microsoft Visio 2010 Premium [3]	Microsoft, США	Win	1,5 Гб	554\$
NI Multisim 11 [14]	National Instruments, США	Win	400 Мб	2600\$
OrCAD 16.3 [2]	Cadence Design Systems Inc., США	Win	1,75 Гб	1729 – 4355\$
PlainCAD 2007 [15]	PlainCAD Software, Россия	Win	7.9 Мб	70\$
Proteus 7 [16]	Labcenter Electronics Ltd., Канада	Win	92 Мб	150- 3495£
Pulsonix 6 [17]	Westdev Ltd, Великобритания	Win	930 Мб	600£
SmartDraw VP [18]	SmartDraw LLC, США	Win	22.12 Мб	197\$
SPlan 7.0 [19]	ABACOM, Германия	Win	2.31 Мб	39.90€
TINA-TI [20]	Texas Instrumental Inc., США	Win	86.3 Мб	0
TinyCAD 2.80 [21]	Open Source	Win	4,4 Мб	0
Vesys Design 2.0 [22]	Mentor Graphics, США	Win	255 Мб	11000-14000\$
Vutrax 13.4 [23]	Computamation Systems Limited, Великобритания	Win, Linux	18 Мб	0 – 4850£

\* – в случае отсутствия информации об отдельно поставляемом редакторе в качестве размера дистрибутива и стоимости указываются данные всей САПР (полная версия).

могут предоставлять дополнительные функции:

- использование библиотеки стандартных компонентов;
- редактирование электрических свойств и прочих атрибутов для компонентов, проводов и контактов;
- иерархическое проектирование;
- отображение списка соединений (англ. “netlist”) и других представлений схемы;

- автоматическое отслеживание и оповещение пользователя о наличии ошибок в схеме;
- автоматическое создание документации;
- возможность обрабатывать входные данные различных форматов и т.д.

При анализе возможностей специализированных редакторов целесообразно выделить две группы:

- программы для решения небольших задач;
- программы для создания сложных систем.

К первой группе относятся Electronics Workbench 5.12, NI Multisim 11, Micro-CAP 10, HiPAC EDT, TinyCad 2.80. Среди этих программ стоит выделить NI Multisim 11.

Multisim 11 розробтан американської компанією National Instruments і являється удосконаленою версією відомого продукту Electronics Workbench. Програма може проводити моделювання в PSPICE, VHDL, Verilog і дозволяє отримати відповідний код описання схеми. Результати аналізу виводяться на віртуальні інструменти, устроєні аналогічно реальним (як в Electronics Workbench 5.12), що дозволяє користувачам EWB легко адаптуватися до цієї програми (рис. 1).

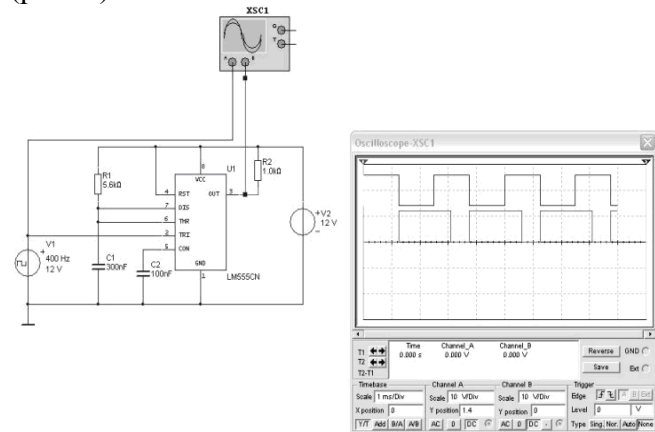


Рис. 1. Моделювання схем в Multisim

Остання версія Multisim доповнена новими інструментами і має оновлену бібліотеку елементів.

До другої групи можна віднести OrCad, Proteus, Altium Designer, DipTrace, Pulsonix і CADSTAR 12.1. Особо виділяються тут OrCad і Altium Designer, так як вони надають розробнику широкий вибір інструментів для рішення будь-якої задачі в проектуванні електричних схем і друкованих плат. В той же час, з вищеперечислених програм вони мають і найбільшу ціну.

Інтересні рішення реалізовані в графічному редакторі DipTrace 2.1. DipTrace Schematic дозволяє працювати в декількох графічних режимах: OpenGL, Direct3D, Windows GDI. Також є дві кольорові схеми: з темним фоном, зручна для розробки великих схем, і біла, яка представляє схему так, як вона повинна виглядати в документації (рис. 2). По бажанню можна створювати свої кольорові схеми. Хоча ця можливість при створенні редактора може бути легко додана практично в усіх засобах розробки, в більшості розглянутих редакторів вона відсутня. Відповідно додається ряд «лишніх» операцій при створенні документації.

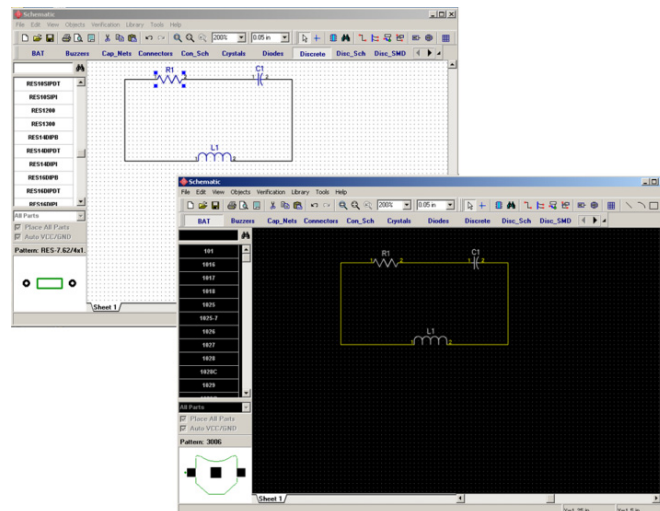


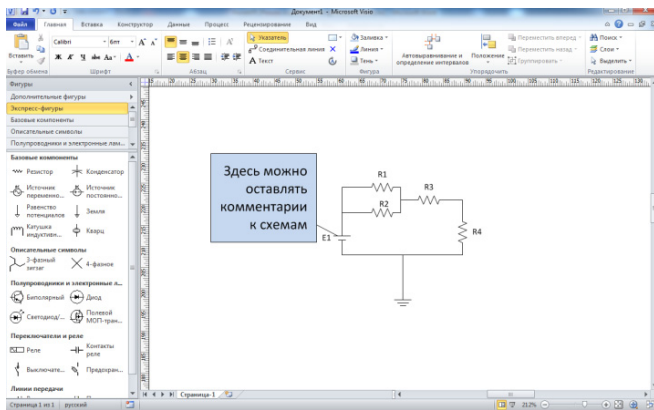
Рис. 2. Кольорові схеми фону робочої області DipTrace

Також варто відзначити Electric VLSI Design System 9, так як вона є єдиною з вищеперечислених програм кросплатформеною системою автоматизованого проектування надвеликих інтегральних схем з відкритим вихідним кодом. При допомозі Electric VLSI можна розробляти інтегральні МОП і біполярні схеми, друковані плати або схеми будь-якого типу. Electric VLSI Design System 9 має багато стилів редагування, включаючи планування, схематику, ілюстрації, архітектурне проектування. Також, програма може взаємодіяти з різними специфікаціями і форматами файлів, такими як VHDL, CIF, GDS II.

В графічному редакторі Electric VLSI відсутній ряд інструментів, присутніх в його аналогах: немає режиму автоматичного побудови трас, відсутня прив'язка до сітки і т.д. Однак, ці функції нечасто використовуються при проектуванні великих схем, тому це не створює яких-небудь труднощів для користувача.

## 2.2 Графічні схемні редактори загального призначення

До третьої групи належать sPlan 7.0, PlainCad 2007, SmartDrawing VP, Microsoft Visio. Практично всі редактори цієї групи надають однакові можливості і інструменти для малювання електричних схем, хоча і мають різні додаткові інструменти для роботи з іншими видами креслень (рис. 3).



**Рис. 3. Построение схемы в Microsoft Visio 2010**

### 3. Функциональные возможности графических редакторов

Функциональные возможности графических редакторов можно разделить на следующие классы: функции редактирования изображения, настройка рабочей области, работа с библиотеками и файловой системой, функции проверок и статистики.

К функциям редактирования изображения относятся:

- редактирование цветов и ширины линий;
- рисование графических примитивов (круги, прямоугольники, многоугольники);
- задание слоя элемента при наложении элементов (*z-index*) и т.д.

Настройки рабочей области включают функции:

- редактирование фона;
- наличие линейки;
- масштабирование;
- переключение единиц измерения и т.д.

К функциям работы с библиотеками и файлами относятся:

- создание новых элементов и изображений (редактор элементов);
- импорт изображения из файла;
- сохранение схемы в одном из графических форматов;
- автоматическое резервное копирование (*auto backup*) и т.д.

Дополнительные функции, которые могут включаться в графические редакторы – это функции различных проверок и статистики:

- проверки на связанность схемы, наличия контакта узлов, висячих узлов и т.д.;
- поиск элемента в рабочей области;
- статистика по количеству узлов схемы, типам элементов и т.д.

Данные функции позволяют составить общее представление о возможностях систем и о целевой аудитории программного обеспечения – от начинающих разработчиков до профессионалов. Также, проверка на наличие вышеперечисленных функций в анализируемых редакторах должна выявить как наиболее, так и наименее востребованные и реализованные функции в графических редакторах электронных схем.

Необходимо отметить также различные способы прокладки соединений между элементами схемы, используемые в графических редакторах: автоматический режим с учетом «обтекания элементов» и ручное соединение по указанным точкам. В автоматическом режиме обычно необходимо явно указывать расположение узлов, т.к. в противном случае соединительные линии не создают пересечений. Кроме того, ряд пакетов включает режим «жесткого соединения», т.е. при перетягивании подключенного элемента за ним тянутся и соединительные линии.

Результаты сравнения (табл. 2) функциональных возможностей различных графических схемных редакторов позволяют выделить три группы функций:

- общеупотребительные, которые реализованы в абсолютном большинстве редакторов (масштабирование, редактор библиотеки элементов, привязка к сетке и т.д.);
- рекомендуемые, которые присутствуют во многих редакторах (линейка, *z-index*, статистика по схеме и т.д.);
- дополнительные, которые являются особенными или отсутствуют во многих редакторах (создание подсхем, переключение единиц измерения).

Очевидно, что наличие или отсутствие некоторых функций зависит от класса, к которому принадлежит графический редактор: специализированный или общего назначения.

### 4. Функциональные возможности веб-редактора электронных схем

Реализация большинства рассматриваемых функций в составе веб-редактора не составляет трудностей. Исключением является реализация функций работы с библиотеками и файлами, которые присутствуют во многих редакторах.

Табл. 2. Функциональные возможности графических редакторов

Редакторы	Редактирование цветов и ширины линий	Рисование геометрических примитивов	z-index (задание слоя элемента)	Линейка	Масштабирование	Переключение единиц длины (мм, см, дюймы)	Привязка к сетке / редактирование размера сетки	Редактор библиотеки элементов	Вставка рисунка из файла	Сохранение в графическом формате	Автоматическое резервное копирование (auto-backup)	Создание подсем	Проверки корректности электрических схем	Поиск элемента на схеме	Статистика по схеме	Буфер обмена
<b>Altium Designer 9</b>	+	+	-	+	+	-	+/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>AutoTraxEDA 10.01</b>	-	+	+	+	+	-	+/+	+	+	+	-	-	+	+	-	+
<b>Board Maker 3</b>	-	+	-	+	+	+	+/+	+	+	+	-	-	+	+	+	+
<b>CADSTAR 12.1</b>	+	+	-	-	+	+	+/+	+	-	-	+	-	+	+	+	+
<b>DipTrace 2.1</b>	+	+	-	+	+	+	+/+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
<b>EdWinXP 1.80</b>	+	+	-	+	+	+	+/+	+	+	-	-	+	+	-	+	+
<b>Electric VLSI DS 9.0</b>	+	+	+	-	-	-	+/+	+	-	+	+	+	+	-	+	+
<b>HiPAC-EDT 1.0</b>	-	-	-	-	+	-	+/-	+	-	-	-	-	-	-	-	+
<b>Micro-CAP 10</b>	+	+	+	-	+	-	+/+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
<b>Microsoft Visio 2010</b>	+	+	+	+	+	+	+/+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>NI Multisim 11</b>	+	-	+	+	+	-	+/+	+	-	-	+	-	+	+	+	+
<b>OrCAD 16.3</b>	+	+	+	+	+	+	+/+	+	-	+	+	-	+	-	+	+
<b>PlainCAD 2007</b>	+	+	+	+	+	+	+/+	-	+	+	+	-	+	-	+	+
<b>Proteus 7</b>	+	+	+	-	+	-	+/-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Pulsonix 6</b>	+	+	-	-	+	-	+/+	+	+	-	-	-	+	+	+	+
<b>SmartDraw VP</b>	+	-	+	+	+	+	+/-	+	+	+	+	-	-	+	-	+
<b>SPlan 7.0</b>	+	+	+	+	+	+	+/+	-	+	+	+	-	-	+	+	+
<b>TINA-TI 9.3</b>	+	-	-	-	+	+	+/-	+	+	-	+	+	+	-	-	+
<b>TinyCAD 2.80</b>	+	+	+	+	+	-	+/+	+	+	+	-	+	+	-	-	+
<b>Vesys Design</b>	-	+	+	-	+	-	+/+	+	-	-	-	-	+	+	+	+
<b>Vutrax 13.4</b>	-	+	+	-	+	-	+/+	+	-	-	-	-	+	-	-	+

Это связано с тем, что по условиям безопасности в современных браузерах ограничена работа с файловой системой пользователя. В данном случае можно предложить два основных механизма реализации требуемого функционала: использование системы загрузки необходимых файлов (например, библиотеки элементов) или использование удаленного хранилища данных.

Недостатками системы загрузки файлов является необходимость предоставления дополнительного программного обеспечения для создания требуемых файлов; наличие функций проверки корректности описания и т.д. В этом случае веб-редактор становится аналогом редакторов, устанавливаемых на локальном компьютере пользователя, и тем самым теряет свои преимущества. Однако такой редактор остается не персонализированным, т.е. данные конкретного пользователя вынесены в отдельные файлы (библиотеки) и не являются частью редактора. В случае работы нескольких человек над одним проектом для корректного отображения результатов другим пользователям достаточно передать файл библиотеки. Механизмы сохранения файлов изображений схемы и/или описания, сформированного на входном языке пакета моделирования (если данная возможность предусмотрена) также будут требовать ручного вмешательства пользователя, а функции резервного сохранения можно реализовать через механизмы, встроенные в веб-браузеры (XPCOM, ActiveX), сторонние дополнения (Adobe Flash), либо современный протокол HTML5 Web Storage.

Удаленное хранилище данных, как возможный механизм реализации функций работы с файлами и библиотеками, может быть реализовано в виде базы данных библиотек/файлов пользователя, регистрация и хранение которых располагается на стороне веб-сервера. В этом

случае, взаимодействие пользователя с веб-редактором более привычно для Internet-пользователей и требует наличия лишь браузера.

Отдельного внимания заслуживает необходимость создания механизма авторизации пользователя на сервере и безопасность этой процедуры, что не предполагается в прикладных программах.

## 5. Заключение

Современные ГСР являются важной составляющей при разработке электронных устройств. На сегодняшний день на рынке представлены программы в различных ценовых категориях и с различной функциональностью, что позволяет разработчику выбрать наиболее подходящее программное обеспечение в зависимости от его требований.

В результате проведенного анализа были определены наиболее распространенные функции, представленные в настоящее время в схемных редакторах различных категорий, а также составлен список интересных (удачных) решений, которые показали нам удобными для реализации в составе веб-редактора электронных схем:

1. Снятие измерений со схемы с помощью виртуальных приборов (Multisim 11);
2. Панель элементов с отдельно вынесенными кнопками категорий (DipTrace);
3. Возможность создавать цветовые схемы рабочей области (DipTrace);
4. Возможность оставлять комментарии к участкам схемы и отдельным элементам (Microsoft Visio);
5. Возможность использования разных режимов построения трасс.

## Список литературы

1. Анцифорова Е.С. О необходимости создания унифицированных инструментальных средств для автоматизации проектирования технологической автоматики / Анцифорова Е.С., Раков В.И. // Информационные технологии в науке, образовании и производстве : 4-я Международная научно-техническая конференция «ИТНОП-2010», г. Орел, 22-23 апреля 2010 г : материалы. – В 5-ти т. – Т. 3 – Орел : ОрелГТУ, 2010. – С. 270–282.
2. Cadence OrCAD Solutions [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.cadence.com/products/orcad/pages/default.aspx>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
3. Microsoft Visio 2010 – Office.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://office.microsoft.com/en-us/visio/>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
4. Altium | AD10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://products.live.altium.com/>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.

5. AutoTRAX EDA and DEX Schematic Capture & PCB Design Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.kov.com>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
6. BoardMaker3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.tsien.info>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
7. CADSTAR 12.1 | Zuken [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.zuken.com/products/cadstar/cadstar-12-1.aspx>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
8. DipTrace – Professional Schematic & PCB Design Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.diptrace.com>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
9. Visionics – «EDWinXP» The Integrated EDA Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.visionics.a.se>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
10. Static Free Software Home Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.staticfreesoft.com/index.html>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
11. National Instruments Electronics Workbench Group Announcing NI Multisim 11 and NI Ultiboard 11 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.electronicworkbench.com/>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
12. HiPAC EDT [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.hipac-edt.com/index.php>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
13. Spectrum Software – Micro-Cap 10. Analog simulation, mixed mode simulation, and digital simulation software. SPICE and PSpice® compatible circuit simulator. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.spectrum-soft.com/index.shtml>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
14. NI Multisim and NI Ultiboard New Features – National Instruments [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ni.com/multisim/upgrade.htm>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
15. Главная – PlainCAD Software – Редактор для построения графических схем [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.plaincad.com>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
16. Labcenter Electronics – Professional PCB Design and Simulation Software [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.labcenter.com/index.cfm>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
17. Pulsonix :: Schematic Capture and PCB Layout [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.pulsonix.com>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
18. SmartDraw – The World's First Visual Processor(tm) [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.smartdraw.com/product/>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
19. sPlan [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.abacom-online.de/uk/html/splan.html>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
20. SPICE-Based Analog Simulation Program – TINA-TI – TI Tool Folder [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.ti.com/tool/tina-ti>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
21. TinyCAD | Download TinyCAD software for free at SourceForge.net [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://sourceforge.net/projects/tinycad/>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
22. VeSys 2.0 :: Electrical, Cable and Wire Harness Design Engineering Manufacture :: Centricity Consulting [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.centricity-consulting.com/index.php/products/vesys-2-0>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.
23. Vutrax Electronics CAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vutrax.co.uk>. – Дата доступа : 07.04.2011. – Загл. с экрана.