ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ (ТУСУР)

Ю.Н. Тановицкий

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

Руководство к проведению практических занятий и лабораторных работ

ТОМСК - 2018

Содержание

лом из нанотрубки 10
3. Лабораторная работа 2. Исследование свойств полевого транзистора с кана-
2. Лабораторная работа 1. Проектирование печатной платы устройства 8
2. Практическое занятие 2. Практическое занятие 2. NanoTCADVides 6
1. Практическое занятие 1. Проектирование печатной платы звонка 3

Практическое занятие 1. Проектирование печатной платы звонка

Одной из задач, часто возникающих при разработке изделий электронной техники, проектирование коммутационных изделий, соединяющих некоторое множество компонентов между собой. Удобным и основным способом, позволяющим соединить в минимальном объеме являются так называемые печатные платы.

Существует множество коммерческих программных пакетов различной степени сложности и стоимости, включая OrCAD, AltiumDesigner. Однако, в последнее время в связи с развитием WEB-технологий, появились возможности проектировать печатные платы Online. Одним из инновационных проектов, в этом направлении является Upverter (сайт http://upverter.com). WEB приложение поддерживает совместную работу над проектом, используют облачное хранение данных, предоставляют доступ к богатой библиотеке электронных компонентов. Для работы приложения достаточно иметь лишь браузер подключенный к сети Интернет. В 2017 году проект был приобретен AltiumDesigner. По мнению создателей, Upverter позволяет существенно ускорить процесс проектирования по сравнению со стационарными программами, которые, зачастую «привязаны» к единственному компьютеру и занимают до 20 Гбайт дискового пространства.

Проектирование простого звонка на мультивибраторе. Примерная электрическая схема звонка изображена на рисунке 1. Напряжение 220 В переменного тока подается входные на клеммы печатной платы, когда кнопка звонка (на схеме не показана) нажата.



Рисунок 3. Примерная электрическая схема звонка. На элементах R1, C1, VD1 реализован однополупериодный выпрямитель.

КПД такого решения очень низок (менее 10%), однако, если учесть, что кнопка звонка работает не больше 10 минут в год, то решение не экономить электроэнергию выглядит оправданным. На элементах R2, VD2, C2 реализован простейший стабилизатор. Остальные элементы - мультивибратор на биполярных транзисторах и собственно Buzzer - пъезокерамический динамик, издающий достаточно громкий звук.



Рисунок 2. Размеры печатной платы.



Рисунок 3. Расположение крепежных отверстий и самые крупные компоненты (R1 и Buzzer), клеммы для крепления проводов с высоким напряжением.

План работы:

1. Запустите среду проектирования Upverter

2. Зарегистрируйтесь, для этого вам достаточно указать действительный адрес электронной почты. Использование Upverter всегда бесплатно.

3. Создайте проект.

4. Создайте электрическую схему в редакторе схем SCHEMATIC. Такую как на рисунке 1, внесите любые изменения в схему, которые сочтете полезными.

5. Создайте контуры печатной платы в редакторе платы PCB LAYOUT. Используйте габариты платы такие как на рисунке 2.

6. Убедитесь, что компоненты, использованные для создания схем присутствуют в библиотеке и имеют не только схемный символ, но и Footprint - специальную печатную область компонента на платке.

8. Расположите крупные компоненты так как показано на рисунке 3. и остальные в удобном порядке

7. Создайте трассы соединяющие проводниками выводы компонентов.

8. Сгенерируйте полученную схему в формате *.svg и набор документов для производства печатной платы в формате gerber.

Возникающие в процессе работы вопросы уточняйте на сайте upverter, а также у преподавателя.

Практическое занятие 2. NanoTCADVides

Для проектирования полупроводниковых приборов широко используют программные средства называемые TCAD (в переводе на русский язык - Технологические САПР). Обычно TCAD состоят из двух моделирующих частей, первая из которых позволяет описать и смоделировать технологический процесс формирования структуры прибора, а вторая - смоделировать его электрофизические свойства. Среди самых известных коммерческих TCAD можно выделить - TCAD Synopsis и TCAD Silvaco. Однако, если коммерческие версии продуктов оказываются слишком дорогими, можно использовать свободнораспространяемые программное обеспечение. Одним из лучших продуктов является NanoT-CADVides (сайт проекта: <u>http://vides.nanotcad.com/vides</u>)

Продукт написан итальянскими учеными <u>Gianluca Fiori</u>, <u>Giuseppe Iannac-</u> <u>cone</u> из университета города Пизы и распространятся по лицензии FreeBSD. Последняя версия кода написана на языке Phyton, интегрирует в себя процедуры также написанные на С и Fortran. NanoTCADVides способен моделировать наноразмерные электронные устройства путем пойска решений систем уравнений Пуасона и Шредингера, через так называемый Non-Equilibrium Green's Function (NEGF) формализм.

Разработанные в пакете предопределенные функции позволяют расчитывать транспорт носителей заряда в:

- 2х мерных материалах;
- силицене
- полосках графена
- углеродных нанотрубках
- двумерных графеновых полевых транзисторных структурах
- двумерных двухслойных графеновых полевых транзисторных структурах

Кроме того, пользователи могут определять свои собственные материалы и структуры на их основе.

у проекта есть раздел на сайте <u>https://nanohub.org</u> -

https://nanohub.org/resources/vides/about

Ссылка <u>https://nanohub.org/resources/6871/download/ViDESmanualrel-1-2.pdf</u> содержит документ, описывающий технику моделирования. В общих чертах понять ее позволяет Fig2.1 со страницы 11 документа



Figure 2.1: In the SNWT model, the 3D Poisson, the 2D Schrödinger and 1D transport equations are solved self-consistently.

NanoTCAD ViDES User's Manual by G. Fiori and G. Iannaccone Copyright c © 2004-2009, Gianluca Fiori, Giuseppe Iannaccone, University of Pisa

Для решения уравнения Пуассона, связывающего заряды и потенциалы внурти канала прибора используется трехразмерная модель, причем сетка строится вокруг каждого атома структуры. Двумерная функция Шредингера описывает вероятность нахождения носителя заряда в срезах канала. И наконец транспорт учитывается одномерным уравнением.

План работы:

1. Включите компьютер под средой Windows, запустите VirtualBox

2. Запустите виртуальную машину Debian2

3. Войдите в аккаунт пользователя student используя пароль debian

4. Запустите терминал в среде Debian используйте mc (midnight commander) для навигации по файлам и папкам

5. Запустите уроки 1-4 со страницы <u>http://vides.nanotcad.com/vides/documenta-tion/tutorials</u> для этого

5.1 Создайте папку в каталоге home

5.2 Создайте файл с расширением *.ру скопировав его содержимое из соответствующих уроков

5.3 Задайте файлу *.ру атрибут «исполняемый»

5.4 Скопируйте в первую строку файла следующее содержимое #!/usr/bin/python

оно укажет операционной системе средства, которые будут исполнять содержимое скрипта

6. Объясните результаты работы программы

Лабораторная работа 1. Проектирование печатной платы устройства

В настоящей лабораторной работе развиваются навыки проектирования печатных плат полученные в практическом занятии 1. Задание и план работы формируются на основе одного из 4х нижеследующих вариантов.

Вариант 1.

Светодиодный светофор, применяемый для организации движения по одной полосе во время выполнения ремонтных работ.

Индикация красного и зеленого цветов. Мощность подводимая к матрице светодиодов не менее 2 Вт, число светодиодов не менее 20 на каждый цвет. Микроконтроллер PIC или STM. Питания 2 элемента 18650.

Светодиоды распаиваются на лицевой части платы, остальные габаритные элементы на задней стороне платы.

План работы:

- 1) составить схему и согласовать ее с преподавателем
- 2) выбрать компоненты, имеющиеся в продаже
- 3) создать не менее 2х компонентов, отсутствующих в публичной базе
- 3) выполнить проектирование печатной платы

Сформировать документы - электрическая схема, перечень компонентов с указанием поставщиков компонетов, файлы для производства печатной плат в формате gerber. Файл размещения компонентов на плате PIC & PLACE.

Вариант 2.

Электронная схема для управления автоматизированной шторой для жилых помещений.

Предусмотреть 2 датчика освещенности (внутри и снаружи). Схема должна питать шаговый привод. Управление посредством 4х кнопок («открыть» «закрыть» «стоп» «выбрать автоматическую программу»). Использовать светодиодную индикацию, отражающую состояние устройства..

Напряжение питания 12В. Микроконтроллер РІС или STM. При необходимости использовать микросхемы - драйверы шагового привода.

План работы:

- 1) выбрать компоненты, имеющиеся в продаже.
- 2) составить схему и согласовать ее с преподавателем
- 3) создать не менее 1-го компонента, отсутствующего в публичной базе.
- 3) выполнить проектирование печатной платы

Сформировать документы - электрическая схема, перечень компонентов, файлы для производства печатной плат в формате gerber. Файл размещения компонентов на плате PIC & PLACE.

Вариант 3.

Имитатор сопротивления кожи человека.

Реализует задаваемую программой функцию R(U) в диапазоне напряжений от 1 до 100 В. R изменяется в диапазоне 100Ом - 1 М. Питание - аккумулятор 3.6В. Использовать микроконтреллер PIC или STM.

План работы:

1) выбрать компоненты, имеющиеся в продаже.

2) составить схему и согласовать ее с преподавателем

3) создать не менее 2х компонентов, отсутствующих в публичной базе.

3) выполнить проектирование печатной платы

Сформировать документы - электрическая схема, перечень компонентов, файлы для производства печатной плат в формате gerber. Файл размещения компонентов на плате PIC & PLACE.

Вариант 4.

Задача по выбору, предлагаемая самим студентам (хобби, дипломирование, ГПО и т.п.). Этот вариант предполагает дополнительные баллы за инициативную работу.

Использовать микроконтреллер PIC или STM. Не менее 20 дискретных компонентов. Выбор корпуса изделия и геометрии ПП на его основе (ссылка на чертеж корпуса GAINTA или т.п.). Использовать минимум 2 слоя для размещения и трассировки соединений.

План работы:

- 1) выбрать компоненты, имеющиеся в продаже.
- 2) составить схему и согласовать ее с преподавателем
- 3) создать не менее 2х компонентов, отсутствующих в публичной базе.

3) выполнить проектирование печатной платы

Сформировать документы - электрическая схема, перечень компонентов, файлы для производства печатной плат в формате gerber. Файл размещения компонентов на плате PIC & PLACE.

Исследование свойств полевого транзистора с каналом из нанотрубки (CNT-FET)



Цель работы - исследовать электрические свойства CNT-FET.

Пример и методика рассчета электрических характеристик CNT-FET в [1].

План работы:

1) Увеличьте диапазон изменений напряжений на затворе Vg = [-0.2, 0.7] и постройте исходную переходную характеристику из примера [1].

2) постройте семейство характеристик транзистора Ic (Ucu) для 4х значений напряжений на затворе

3) Исследуйте зависимость переходной характеристики при увеличении длины нанотрубки на 5 и 10 nm

4) Исследуйте зависимость переходной характеристики от количества атомов в срезе кольца нанотрубки (1й параметр команды nanotube)

5) Исследуйте зависимость переходной характеристики при замене оксида кремния на HighK диэлектрик

6) Сравните лучшие из полученных результатов с современными и перспективными транзисторами

from NanoTCAD_ViDES import *
Onpeделяем нанотрубку
CNT=nanotube(13,15);
Cosgaem cetky
x=nonuniformgrid(array([-2,0.3,0,0.2,2,0.3]))
y=x;
grid=grid3D(x,y,CNT.z,CNT.x,CNT.y,CNT.z);
Tenepь onpeделяем области затвора
top_gate=gate("hex",2,2,-2,2,5,10)
For example: top_gate=gate("hex",-1,1,-2,3,5,10);
In this way, the attributes xmin, xmax, ymin, ymax, zmin, zmax,

```
are set
# to -1,1,-2,3,5,10, respectively.
bottom gate=gate("hex",-2,-2,-2,2,5,10)
# пространство заполняется материалом с заданной диэлектрич про-
ниц.
SiO2=region("hex",-2,2,-2,2,grid.gridz[0],grid.gridz[grid.nz-1]);
SiO2.eps=3.9;
# I create the interface
p=interface3D(grid,top gate,bottom gate,SiO2);
# I dope the reservoirs (легируем пространства) 5е-3 отн. конц.
примеси
dope reservoir(grid, p, CNT, 5e-3,
               ar-
ray([grid.xmin,grid.xmax,grid.ymin,grid.ymax,0,5]));
dope reservoir(grid, p, CNT, 5e-3,
               ar-
ray([grid.xmin,grid.xmax,grid.ymin,grid.ymax,10,15]));
# Выбирается метод расчета «пространство мод» (mode space), ис-
пользуются 2 моды
p.modespace="yes"
CNT.Nmodes=2;
\# Vds = 0.1 V
CNT.mu2 = -0.1;
# I start the Vgs sweep. In particular 0<=Vgs<=0.5 V, with
# with 0.05V as voltage step
Vgmin=0.0;
Vgmax=0.5;
Vqstep=0.05;
#I create the vectors in which I store the data
vq=zeros(20);
current=zeros(20);
counter=0;
Vgs=Vgmin;
while (Vgs<=Vgmax):</pre>
    # I set the Fermi level of the top and bottom gate
    top gate.Ef=-Vgs;
    set gate(p,top gate);
    bottom gate.Ef=-Vgs;
    set gate(p,bottom_gate);
    #If the first voltage, then I compute the initial solution
    if (Vgs==Vgmin):
```

```
# I compute the initial solution
p.normpoisson=le-3;
print "Computing the initial solution"
solve_init(grid,p,CNT);
p.normpoisson=le-1;
p.normd=5e-2;
solve_self_consistent(grid,p,CNT);
vg[counter]=Vgs;
current[counter]=CNT.current();
counter=counter+1;
Vgs=Vgs+Vgstep;
tempo=[vg,current]
```

```
savetxt("transfer.out", transpose(tempo));
```

Использованные источники

1. Tutorial 6 http://vides.nanotcad.com/vides/documentation/tutorials/tutorial-06-transfer-characteristics