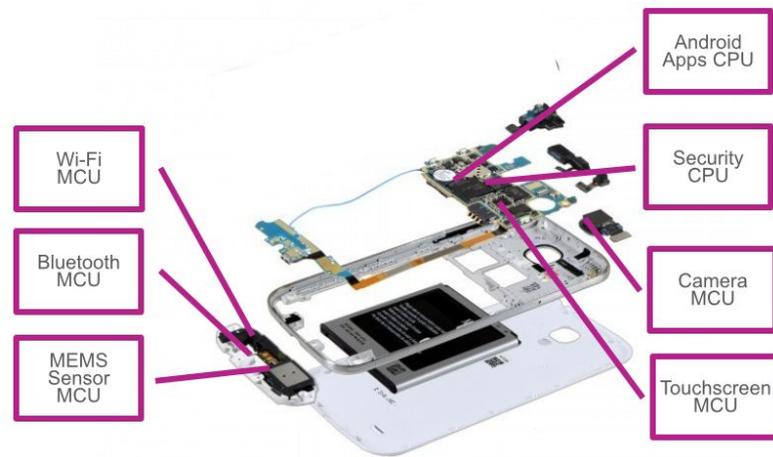


# Преодоление цифрового провала



Опыт, результаты и планы образовательных проектов  
для российской микроэлектроники

Юрий Владимирович Панчул

# Overcoming the Digital Synthesis Gap

The experience and the future plans to upgrade the Russian education in microelectronics

Yuri Panchul, chip designer and an author of educational materials in microelectronics

Russian microelectronics is suffering from the unfortunate overlap in time of two events: the rise of the modern methods of designing highly integrated chips - and the collapse of the Soviet Union. Both developments occurred during the late 1980s and 1990s. Many key technologies that eventually led to smartphones and self-driving cars went from the labs to the mainstream during this time: logic synthesis of hardware description languages, sophisticated algorithms for physical design on submicron and nanoscale, the techniques for automated verification of giant designs, as well as the prototyping of chip design in FPGA. All this technology was integrated into the courses of Stanford, Berkeley, and MIT that supplied new engineers who created the technological wonders of Silicon Valley: iPhone, high-speed internet chips, 3D graphic processors, and AI chips.

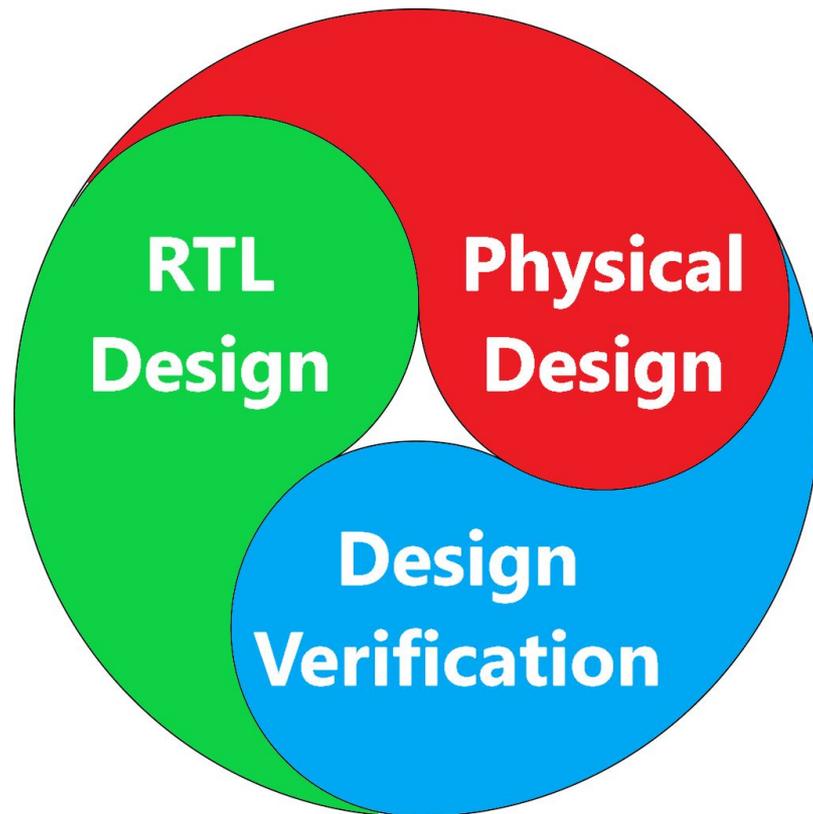
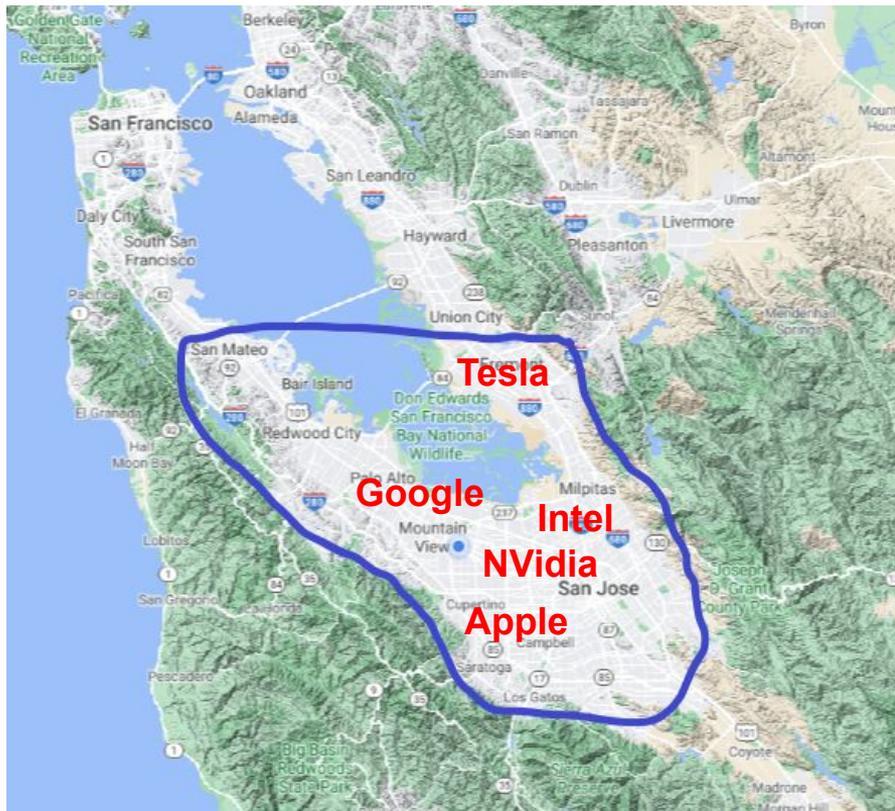
A decade ago a group of people from top Russian universities, electronic companies, and RUSNANO, as well as Russian engineers working in California and in the UK, started cooperating to create textbooks, seminars, and upgrades the university courses in Russia and neighboring countries (Ukraine, Kazakhstan) to address the challenge. We realized that creating the teams capable of designing modern microelectronics has a higher barrier to entry than software and requires the extensive transfer of know-how not only from the foreign universities but also from the foreign industrial partners. At the same time, we learned from China and India that low start in modern microelectronic technologies is not something fatal. This presentation describes the efforts of the past decade and outlines new ideas about creating the centers of competence in the nanoscale system on chip design in Russia and neighboring countries.

# Докладчик: Юрий Владимирович Панчул



- Проектировщик микросхем в MIPS, Juniper
- Основатель стартапа, купленного Synopsys
- Автор образовательных материалов с РОСНАНО, ВШЭ МИЭМ

# Команды проектирования чипов



# Мы говорим не о программировании

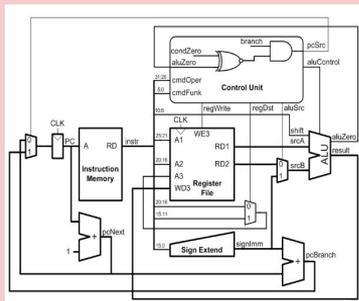
Место схемы и программы в системе на кристалле:

## Встроенный микропроцессор или микроконтроллер

### CPU

Проектируется  
на вериллоге.

Выполняет  
инструкции.



### Память

А в ней программа,  
цепочка инструкций.

Скомпилирована  
из Си.

18800005  
00001025  
00451021  
0044182a  
5460fffe  
00451021  
03e00008  
00000000

# Программы: из Си в инструкции процессора

**Си:**

```
int f (int a, int b)
{
    int s = 0;

    while (s < a)
        s += b;

    return s;
}
```



**Ассемблер:**

```
sum:
    blez    $4, exit
    move   $2, $0

    addu   $2, $2, $5

loop:
    slt    $3, $2, $4
    bnel   $3, $0, loop
    addu   $2, $2, $5

exit:
    jr     $31
    nop
```



**Машинный код**

```
18800005
00001025

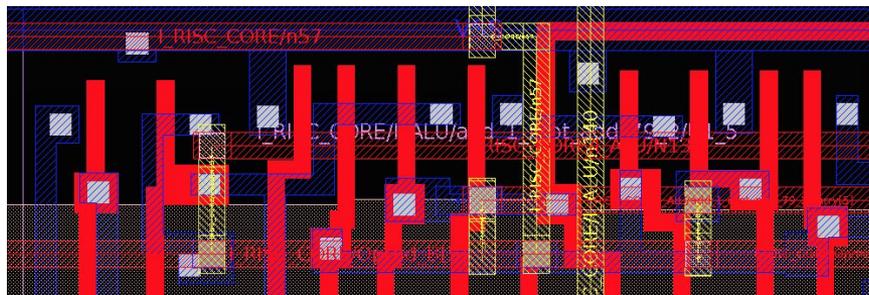
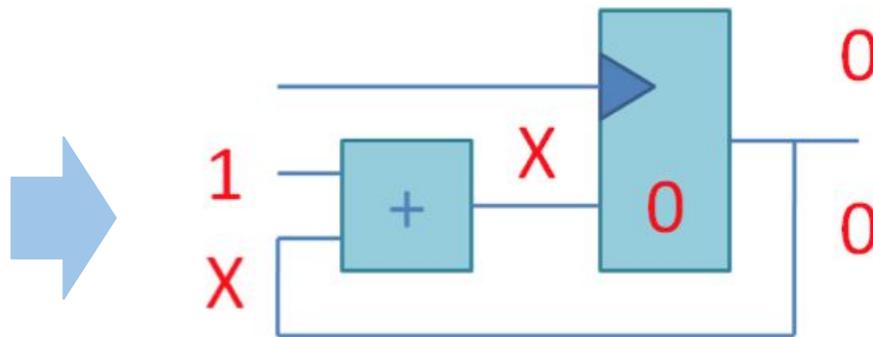
00451021

0044182a
5460fffe
00451021

03e00008
00000000
```

# Схемы: из Верилога в транзисторы

```
module counter
(
  input clock,
  input reset,
  output logic [1:0] n
);
always @(posedge clock)
begin
  if (reset)
    n <= 0;
  else
    n <= n + 1;
end
endmodule
```



# Революция в проектировании чипов

1984 - Gateway Design Automation / Cadence изобретает язык описания аппаратуры Verilog

1984 - Xilinx изобретает реконфигурируемые микросхемы FPGA

1986 - Optimal Solutions / Synopsys изобретает цифровой синтез

1988-1992 - цифровой синтез внедряют в проектирование Apple, Sun, Nokia и другие

1997-1999 - Lexra, MIPS, ARM начинают лицензировать процессорные ядра в виде IP

# В это время в СССР и затем в России

1984 - 1985 - советская система буксует, к власти приходит Горбачев

1985 - 1991 - Перестройка в СССР, разрешение частных предприятий, открытие страны для западных товаров

1991 - 2010 - коллапс СССР, смещение приоритетов с разработки на торговлю, ограниченно поддерживаются лишь военные заказы

2010-2020 - лучше поздно, чем никогда (Байкал Электроникс и другие)

# Результат революции цифрового синтеза: интегрированные чипы везде

Smart Phone:  
5-10 CPUs



Smart Car:  
30-50 CPUs



Smart House:  
100s of CPUs



# Аналогичная картина в академии

Профессор Alberto Sangiovanni-Vincentelli из Университета Беркли был со-основателем и Synopsys, и Cadence в 1980-е

Профессор Джон Хеннесси был со-основателем MIPS и со-автором базовых учебников в 1990-е

MIT и другие вузы быстро ввели Verilog и лабораторные работы на FPGA в программу обучения



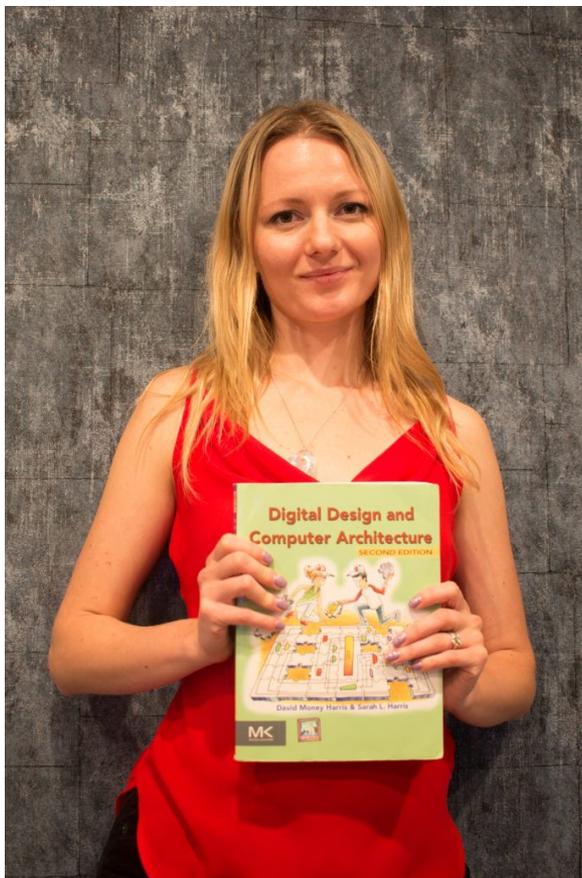
6.111  
*Introductory  
Digital Systems  
Laboratory*

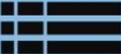
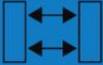
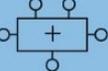
Хотя некоторые российские вузы, например Московский институт электронной техники (МИЭТ) пытались поддерживать программу, реагируя на западные нововведения, другие российские топ-вузы меняли программы с сильным отставанием или неполнотой

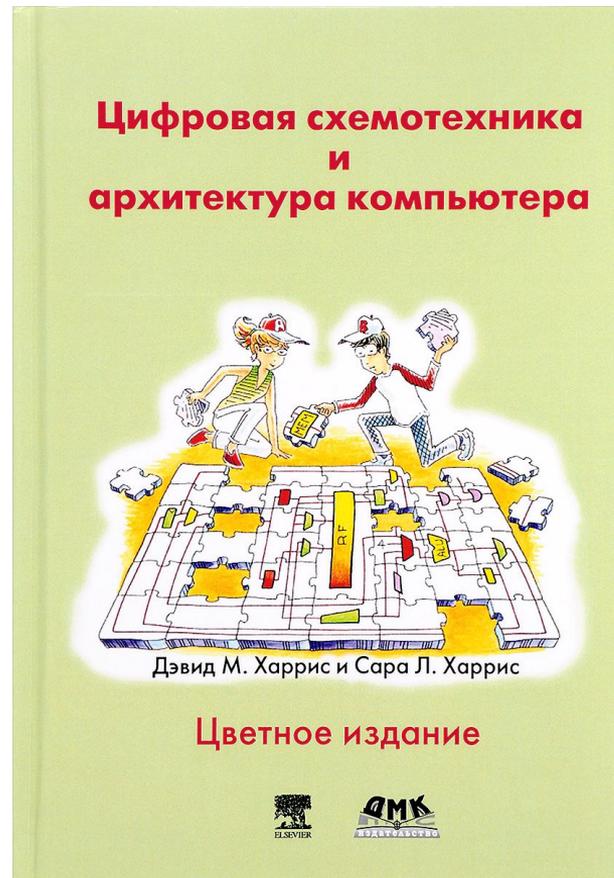
ВМК МГУ ввели лабораторные на FPGA только в середине 2010-х, на 20 лет позже чем западные вузы

На кафедре Intel в МФТИ даже сейчас изучают микроархитектуру процессоров без привязки у проектированию на уровне регистровых передач, таймингу и лабораторных на FPGA

# 2015 - Перевод базового учебника



Application Software	>"hello world!"
Operating Systems	
Architecture	
Micro-architecture	
Logic	
Digital Circuits	
Analog Circuits	
Devices	
Physics	

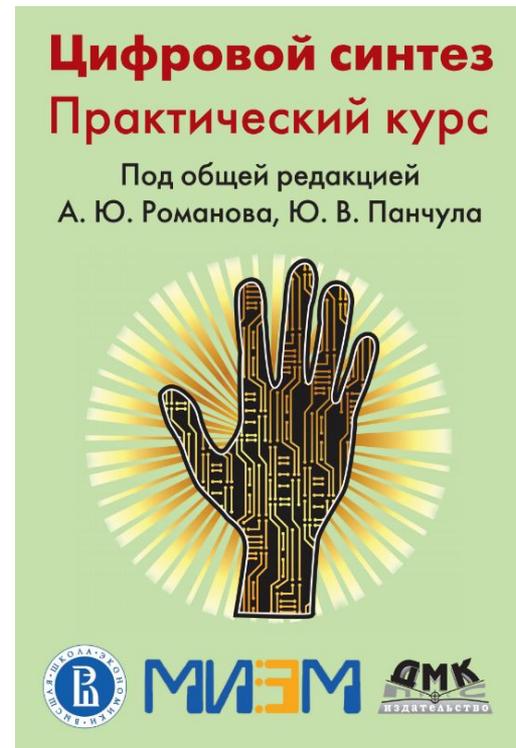


# Создание лабораторного практикума

Выпущен под эгидой Высшей Школы Экономики / МИЭМ

Разные главы в нем писали преподаватели Московского, Киевского и Самарского университетов, Питерского ИТМО, Черниговского политеха и Университета Калифорнии Санта-Круз

В создании учебника приняли участие инженеры российских компании IVA Technologies и ФГУП НПЦАП (отделение Роскосмоса), американских компаний MIPS, Juniper Networks и AMD.



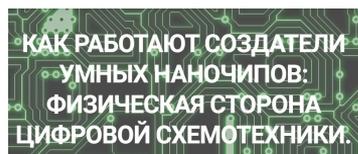
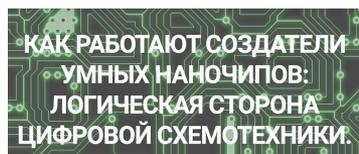
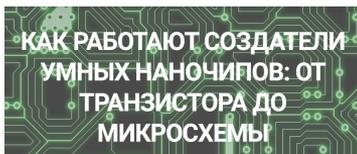
[https://dmkpress.com/catalog/electronics/circuit\\_design/978-5-97060-850-0/](https://dmkpress.com/catalog/electronics/circuit_design/978-5-97060-850-0/)

# Профориентация от РОСНАНО

Серия онлайн-курсов “Как работают создатели умных наночипов” предназначена для продвинутых школьников и младших студентов

Использовались в качестве пререквизитов к практическим семинарам в Зеленограде и Сколково на ChipEXPO

Стали бестселлерами среди курсов РОСНАНО



<https://stemford.org/course?id=6410690722451343819&cash=01072019>

<https://stemford.org/course?id=6410690722451344036&cash=01072019>

<https://stemford.org/course?id=6410690722451344042&cash=01072019>

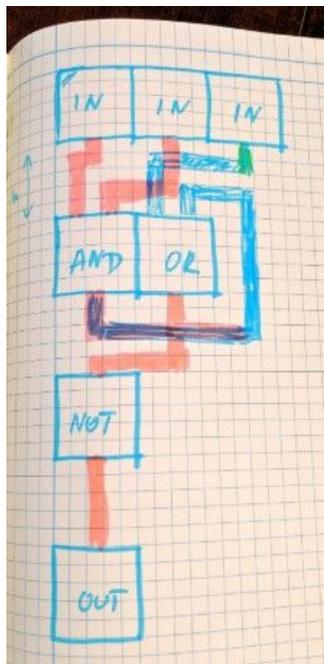


# Хакатоны по алгоритмам EDA в Иннополисе

EDA - Electronic Design Automation, программы для проектировщиков чипов

Современный EDA контролируется двумя американскими компаниями - Synopsys и Cadence

Стратегически важно создать центры компетенции в алгоритмах EDA и open-source средствах синтеза, например Yosys

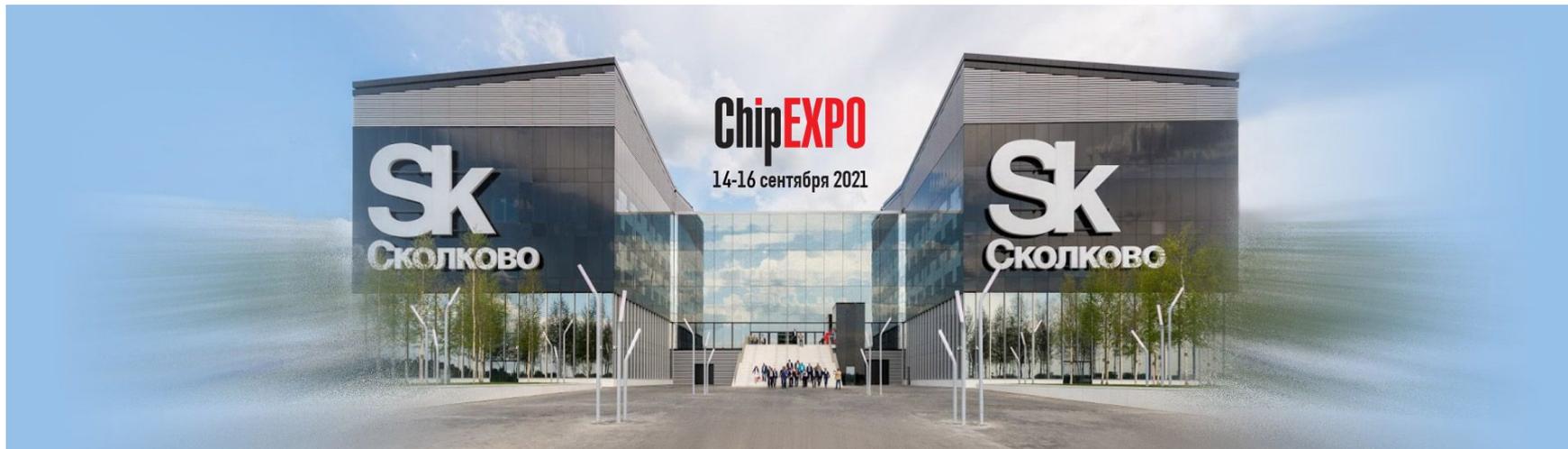


Детали см. <https://habr.com/ru/post/469617/> и <https://habr.com/ru/post/500300/>

# Семинары для физматшкольников и студентов

<http://www.chipexpo.ru/shkola-sinteza-cifrovyh-shem-na-verilog>

Совместный проект ChipEXPO, Сколково, РОСНАНО / STEMford, МИЭТ, Черниговского НТУ, ВШЭ МИЭМ, <http://fpga-systems.ru>, Самарского университета, сотрудников МФТИ, IVA Technologies, Syntacore, Juniper Networks



# Спасибо!

