Научно-образовательное направление «Дискретные управляющие системы и их приложения»

Руководители направления

Ложкин С. А., Захаров В.А.

Задачи направления

- Проведение научных исследований в области теории дискретных управляющих систем (ДУС) и приложение полученных результатов в различных сферах практической деятельности

- Подготовка высококвалифицированных специалистов данного направления, ключевым элементом которого является сочетание глубокого фундаментального математического образования в области дискретной математики и математической кибернетики с навыками практической работы в сфере программирования и проектирования интегральных схем.

Кадровый состав направления

- Кафедра математической кибернетики
  - профессора Ложкин С.А., Захаров В.А., Марченко А.М. (0.5 ставки);
  - доценты Романов Д.С., Шуплецов М.С.

- Лаборатория дискретных управляющих систем и их приложений (зав. лаб. – Ложкин С.А.)
  - в.н.с. Маслов С.П., Рамиль Альварес Хосе;
  - с.н.с. Владимирова Ю.С.;
  - м.н.с. Подымов В.В., Данилов Б.Р.

Научные исследования направления

- Выполняются в рамках научной темы факультета «Теория дискретных управляющих систем, её приложения в проектировании СБИС и программировании» (2014-2018, руководители Ложкин С.А., Захаров В.А.)
- Характеризуются высоким уровнем публикуемости полученных научных результатов: за период 2015-2016 гг. опубликовано 50 статей (2 – в журнале из списка Топ 25% высокорейтинговых журналов, индексируемых Web of Science, 10 – в журналах, индексируемых Web of Science и/или Scopus, 23 – в журналах из списка ВАК)
- При этом авторами или соавторами 12 из указанных публикаций были студенты
- Обеспечивают привлечение внебюджетного финансирования: 2 гранта РФФИ в 2015 и 2016 гг.
- Отличаются хорошей защищаемостью выпускников аспирантуры: 5 кандидатских диссертации в 2015-2016 гг. (Подымов В.В., Морозов Е.В., Коноводов В.А., Новикова Т.А., Данилов Б.Р.)

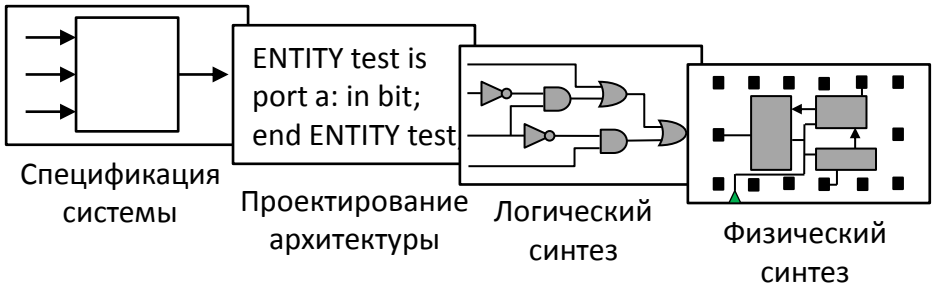
Фундаментальные научные исследования направления

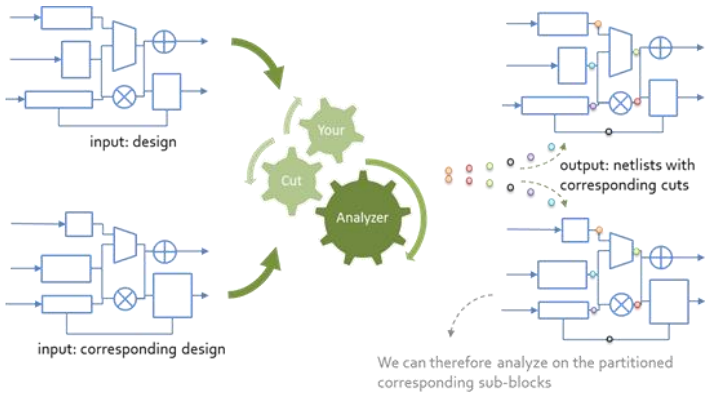
- Разработка методов синтеза схем в различных классах ДУС, исследование сложности реализации в этих классах типичных и самых сложных функций на уровне асимптотических оценок, имеющих, как правило, высокую степень точности.
- Исследование сложности и структуры оптимальных и близких к ним схем для ряда «специальных» функций.
- Построение и анализ тестов для различных задач контроля в некоторых классах схем.

Фундаментальные научные исследования направления

- Разработка методов «вложения» («геометрической» реализации) в некоторые регулярные структуры (плоские прямоугольные решетки, единичные кубы и др.), связанные, в частности, с топологическим синтезом СБИС.
- Разработка эффективных алгоритмов проверки эквивалентности и оптимизации моделей программ
- Исследование и разработка новых методов верификации моделей программ

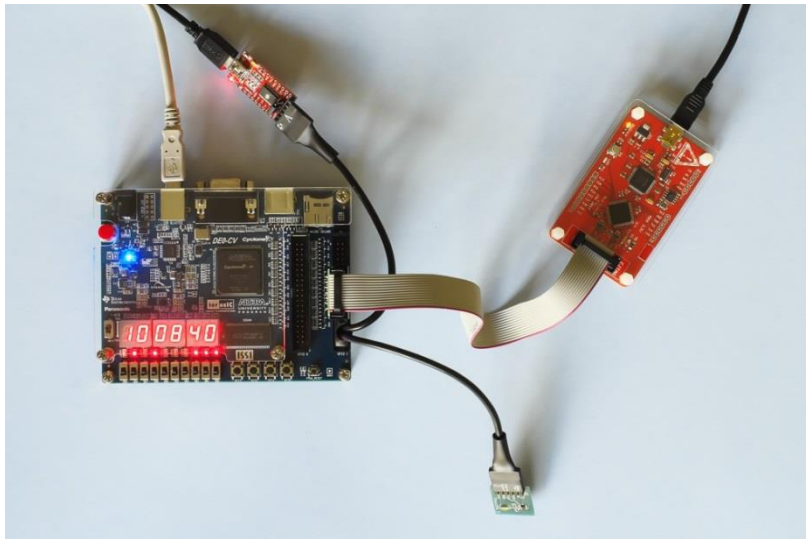
Прикладные исследования направления

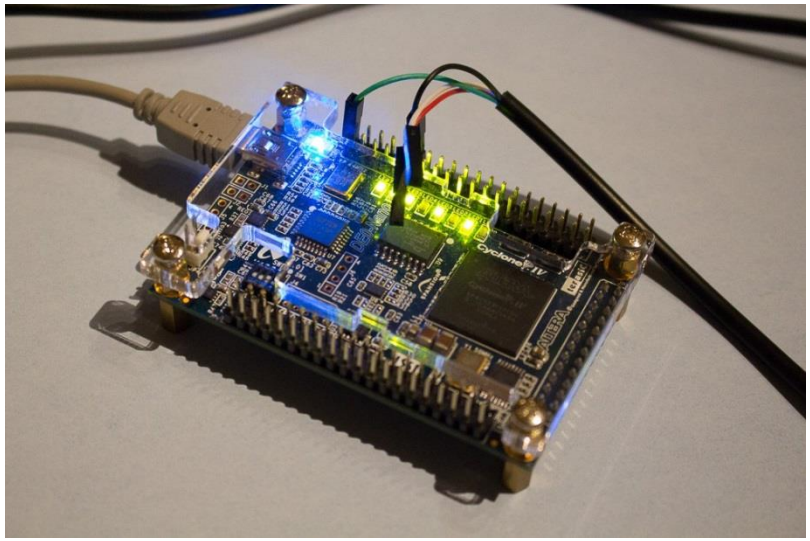




- Разработка алгоритмов автоматизации проектирования интегральных схем:
  - построение академического маршрута проектирования интегральных схем
  - разработка алгоритмов и решение математических задач, возникающих на различных этапах проектирования интегральных схем

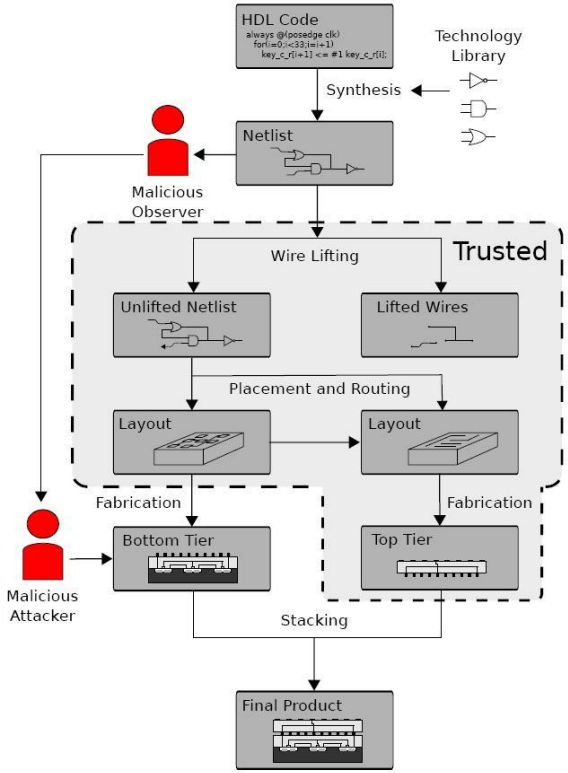
Прикладные исследования направления

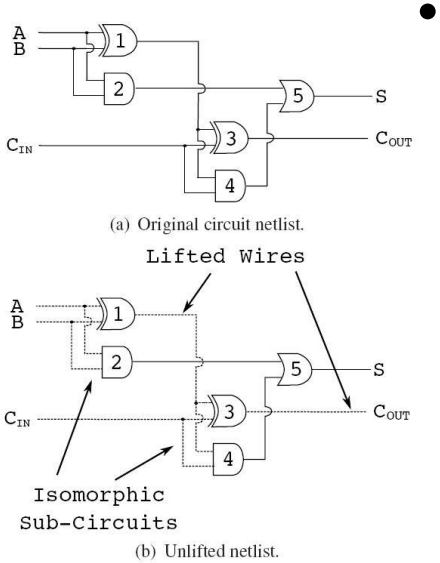




- Проектирование дискретных управляющих систем с использованием программируемых интегральных схем (ПЛИС):
  - аппаратные ускорители
  - встраиваемые системы
  - прототипирование микропроцессоров и микроконтроллеров
  - обучение проектированию с использованием ПЛИС-ов

Прикладные исследования направления





(a) Original circuit netlist.

(b) Unlifted netlist.

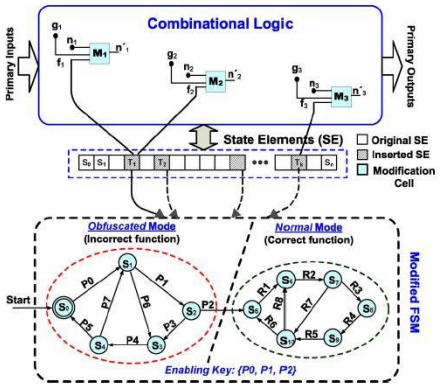


Fig. 2. Proposed functional and structural obfuscation scheme by modification of the state-transition function and internal node structure.

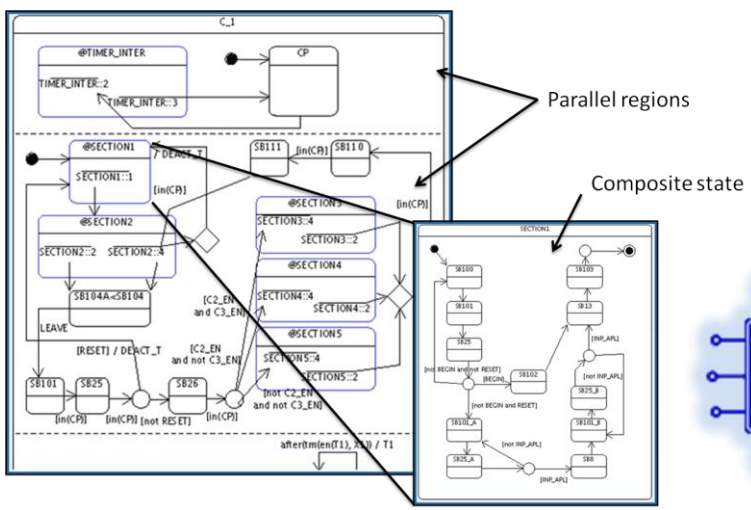
- Исследования в области аппаратной безопасности (hardware security):
  - проектирование схем, защищенных от раскрытия функциональности и несанкционированного копирования
  - разработка методов обнаружения нежелательных «закладок» в спроектированных схемах

Прикладные исследования направления

void **sort**(std::list<int> & l) {…}

Sorted(l) = $\forall i \forall j \begin{pmatrix} 0 < i \le j < size(l) \rightarrow \\ l[i] < l[j] \end{pmatrix}$

Проверить: {true} **sort**(l) {**Sorted**(l)}




```
@P=split//,".URRUU\c8R";@d=split//,"\nrekcah xinU / lreP rehtona tsuJ";sub p{
@p{"r$p","u$p"}=(P,P);pipe"r$p","u$p";++$p;($q*=2)+=$f=!fork;map{$P=$P[$f^ord
($p{$_})&6];$p{$_}=/ ^$P/ix?$P:close$_}keys%p}p;p;p;p;p;map{$p{$_}=~/^[P.]/&&
close$_}%p;wait until$?;map{/^r/&&<$_>}%p;$_=$d[$q];sleep rand(2)if/\S/;print
```

?! = `print` "Just another Perl / Unix hacker";

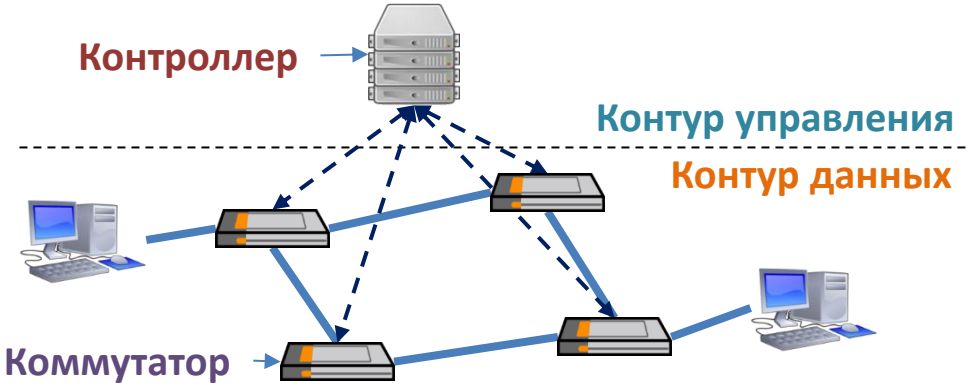
- Математические методы анализа программ:
  - формальная верификация
  - проверка моделей (model checking)
  - обфускация
  - статический анализ
  - проверка эквивалентности
- В сотрудничестве с лабораторией вычислительных комплексов ВМК МГУ (2010-2012 гг.)

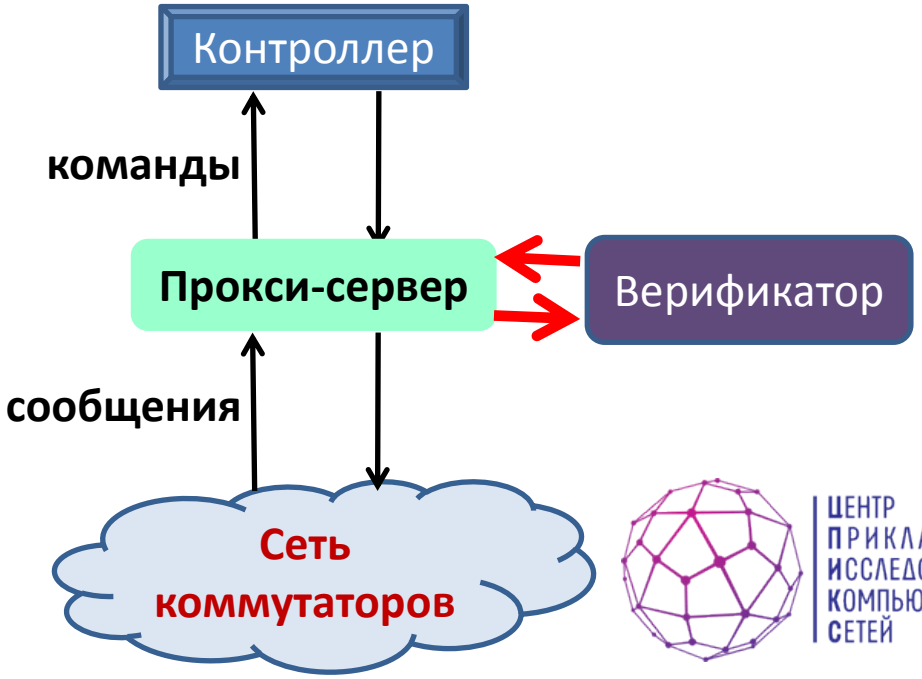
Вход → π_1 → $\text{Выход}_1 = \pi_1(\text{Вход})$

Вход → π_2 → $\text{Выход}_2 = \pi_2(\text{Вход})$

$\parallel$?

Прикладные исследования направления





- Программно-конфигурируемые сети:
  - разработка методов верификации и реконфигурации (переналадки) сетей
- В сотрудничестве с Центром прикладных исследований компьютерных сетей (2013-2014 гг.)

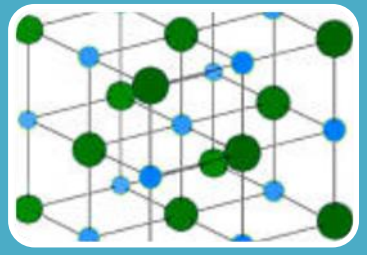
ЦЕНТР ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Структура образовательной деятельности

МГУ ВМК
МАТКИБ

2-х годичная подготовка на кафедре математической кибернетики по профилю «Математические методы обработки информации и принятия решений» (степень бакалавра)

2-х годичная магистерская программа «Дискретные управляющие системы и их приложения» (степень магистра)



4-х летнее обучение в аспирантуре по направлению 01.06.01 Математика и механика, направленность – 01.01.09 – дискретная математика и математическая кибернетика , в рамках которого предполагается защита кандидатской диссертации

Обучение в бакалавриате на кафедре математической кибернетики

- Проходит по общему для всей кафедры учебному плану
- Включает в себя следующие обязательные курсы:
  - Основы кибернетики (Ложкин С.А.)
  - Математические модели и методы синтеза СБИС (Марченко А.М., Шуплецов М.С.)
  - Избранные вопросы теории графов (Романов Д.С.)
  - Математическая логика и логическое программирование (Захаров В.А.)
- Предполагает активную работу в спецсеминарах
- Предусматривает выполнение по тематике направления курсовой работы (3 курс) и выпускной квалификационной работы (4 курс) под руководством научного руководителя

Спецсеминар «Некоторые вопросы теории управляющих систем»

Руководители:

Ложкин
Сергей Андреевич
профессор,
доктор физико-математических наук

Романов
Дмитрий Сергеевич
доцент,
кандидат физико-математических наук

Шуплецов
Михаил Сергеевич
доцент,
кандидат физико-математических наук

Спецсеминар «Некоторые вопросы теории управляющих систем»
(ориентирован на студентов 3 курса)

Тематика семинара:

- Математические модели управляющих систем
- Методы анализа и синтеза дискретных управляющих систем
- Вопросы надежности и контроля дискретных управляющих систем

Семинар проходит по пятницам с 16:20 до 17:55 в ауд. 582а. Информация о предстоящем и предыдущих докладах находится на сайте кафедры в разделе спецсеминары «Некоторые вопросы ТУС».

Спецсеминар «Теория управляющих систем и математические модели СБИС»

Руководители:

Ложкин
Сергей Андреевич
профессор,
доктор физико-математических наук

Марченко
Александр Михайлович
профессор,
доктор технических наук

Романов
Дмитрий Сергеевич
доцент,
кандидат физико-математических наук

Спецсеминар «Теория управляющих систем и математические модели СБИС»

(ориентирован на бакалавров 4 курса, магистров и аспирантов)

Тематика семинара:

- Различные вопросы теории синтеза, надежности и контроля ДУС
- Математические задачи автоматизации проектирования цифровых интегральных схем
- Задачи логического синтеза, верификации и разбиения интегральных схем
- Задачи физического синтеза интегральных схем

Семинар проходит по пятницам с 16:20 до 17:55, ауд. 507.

Спецсеминар «Теоретические проблемы программирования»

Руководители:

Захаров
Владимир Анатольевич
профессор,
доктор физико-математических наук

Подымов
Владислав Васильевич
младший научный сотрудник,
кандидат физико-математических наук

Спецсеминар «Теоретические проблемы программирования»

Тематика семинара:

- Математические модели программ и вычислений
- Формальные методы анализа и верификации программ
- Проблема эквивалентности и эквивалентных преобразований в моделях вычислений

Семинар проходит по пятницам с 16:20 до 17:55, ауд. 506

Спецкурс «Программируемые логические интегральные схемы»

Руководители:

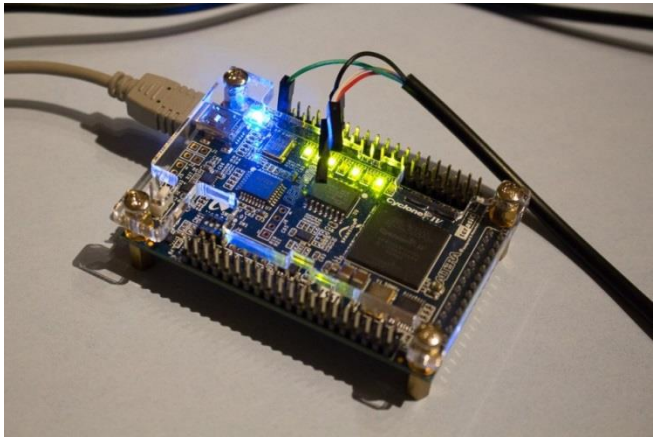
Шуплецов
Михаил Сергеевич
доцент,
кандидат физико-математических наук

Подымов
Владислав Васильевич
младший научный сотрудник,
кандидат физико-математических наук

Спецкурс «Программируемые логические интегральные схемы»

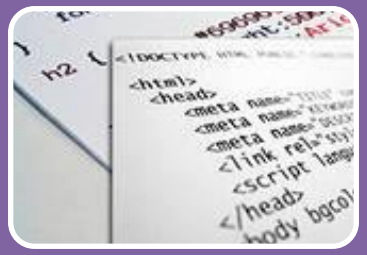
На этом спецкурсе вы (***даже если не ходили на первую часть курса в осеннем семестре***)

- узнаете, как схемы из функциональных элементов с задержкой и автоматы заставляют “железо” работать
- (*по желанию*) поймёте, как устроена архитектура компьютеров ниже машинного кода и что делать, если хочется спроектировать свой процессор
- научитесь программировать на языке описания аппаратуры Verilog
- познакомитесь с FPGA от Altera (Intel)



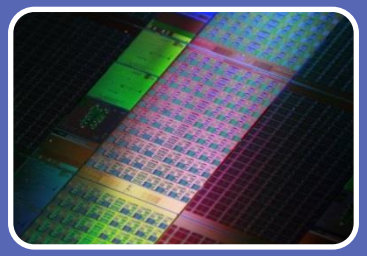
Спецкурс проходит по средам с 14:35 до 16:10, ауд. 504

Структура магистерской программы



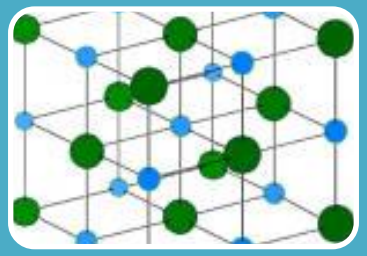
Практические и программистские курсы

- Алгоритмы и структуры данных
- Опыт разработки сложного программного обеспечения
- Опыт работы с программами автоматизации проектирования интегральных схем



Базовые курсы по автоматизации проектирования схем

- Языки описания интегральных схем
- Логическое и физическое проектирование интегральных схем
- Архитектура компьютера и проектирование интегральных схем на системном уровне



Теоретические курсы

- Теория управляющих систем (анализ, синтез и тестирование)
- Математические методы верификации схем и программ
- Математические модели последовательных вычислений

Преподаватели и основные курсы магистерской программы

Ложкин С. А. (руководитель программы, профессор, д.ф.-м.н.)

- Элементы теории синтеза, надежности и контроля дискретных управляющих систем
- Вложения графов, теория клеточных и планарных схем

Захаров В. А. (профессор, д.ф.-м.н.)

- Математические методы верификации схем и программ
- Математические модели последовательных вычислений

Марченко А. М. (технический директор, доцент, д.т.н.)

- Избранные вопросы физического проектирования СБИС
- Математические задачи проектирования библиотечных элементов
- Математические модели аналоговых схем

Подымов В.В. (м.н.с., к.ф.-м.н.), Данилов Б.Р. (м.н.с., к.ф.-м.н.)

- Языки описания схем
- Математические модели и методы проектирования архитектуры СБИС
- Проектирование больших систем на C++

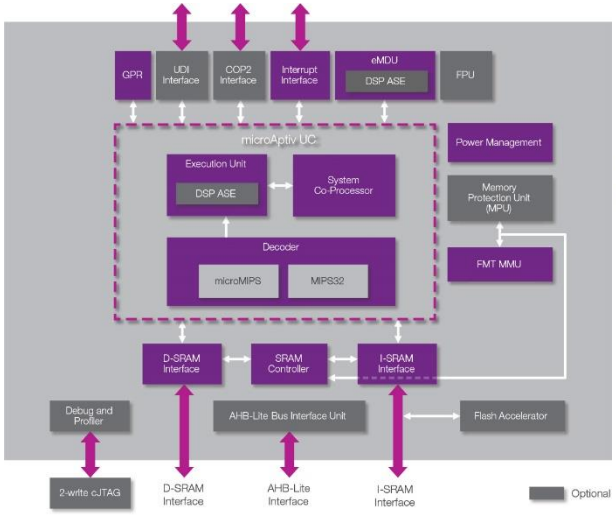
Романов Д. С. (доцент, к.ф.-м.н.)

- Элементы теории синтеза, надежности и контроля дискретных управляющих систем

Шуплецов М.С. (ассистент, к.ф.-м.н.)

- Математические модели и методы логического синтеза СБИС
- Практикум по пакетам проектирования СБИС

Лекции приглашенных профессоров и специальные курсы



- Осень 2015 и 2016 гг.: семинары по программе MIPSfpga в сотрудничестве с Imagination Technologies, Altera и Xilinx

Imagination ALTERA XILINX

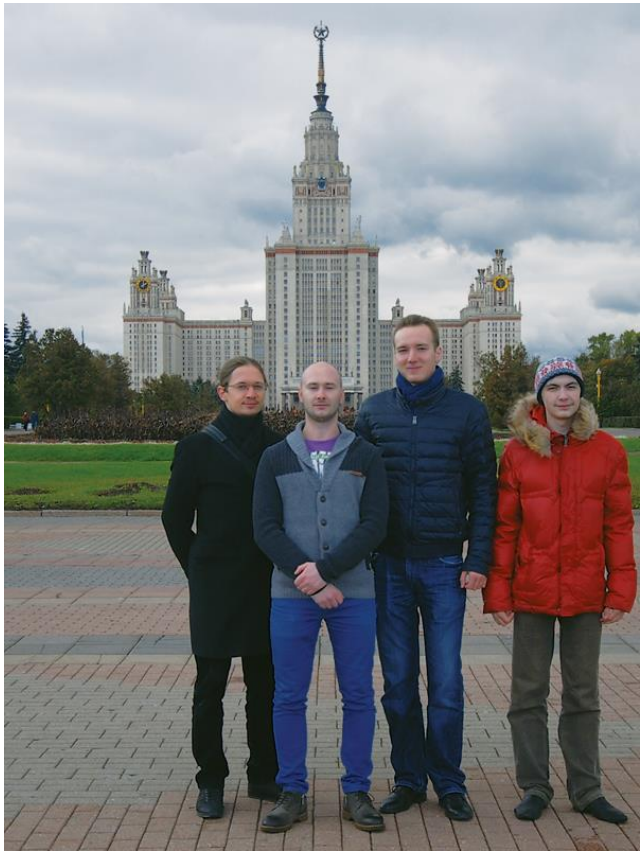
Лекции приглашенных профессоров и специальные курсы

University of Waterloo

- Весна 2016: Проведен двухнедельный курс по современным алгоритмам решения задачи выполнимости булевых формул и их применению для решения практических задач в области проектирования интегральных схем
- Vijay Ganesh (University of Waterloo, Canada) “SAT/SMT solvers and their Application in Software Engineering”

Участие студентов в международных соревнованиях

- Команда факультета ВМК МГУ впервые победила на международном соревновании «2015 CAD Contest at ICCAD» по решению прикладных математических задач в области автоматизации проектирования интегральных схем.



Трудоустройство

- Выпускник программы может продолжить обучение в аспирантуре или работать в компаниях (Intel, Synopsys, Cadence, Mentor Graphics и др.)