

Расширение транслятора  
предметно-ориентированного  
языка Landau арифметикой  
сдвоенных чисел двойной  
точности (double-double)

# Языково-ориентированное программирование

- ЯОП представляет собой метод проектирования интерфейса
- Идеален для задач, которые требуют **минимальной нотации** с сохранением **максимальной точности**
- Создаваемые языки называются **предметно-ориентированными языками** (DSL), они удобны для применения в задачах с узкой специализацией
- Racket идеально подходит для ЯОП из-за своей **системы макросов**. Они работают в стиле компилятора, упрощая преобразование кода. Система макросов Racket лучше любой другой.

# Landau

Landau - язык для динамических систем с автоматическим дифференцированием.

В языке есть функции, циклы, условия, вещественные числа, массивы.

Landau достаточно полон, для того, чтобы выразить и продифференцировать уравнение любой сложности за минимальные усилия.

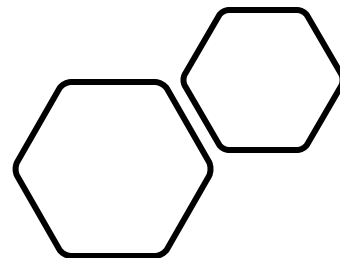
# Преимущества языка

- Широкие возможности языков общего назначения затрудняют реализацию удобной системы AD, особенно при наличии многомерных функций со многими независимыми переменными.
- Существующие инструменты для дифференцирования функций, такие как MATLAB (ADMAT) или Mathematica (TIDES) часто требуют больших усилий (по сравнению с языками общего назначения) для ввода практической динамической системы большого размера с множеством свободных переменных.

# Компоненты реализации Landau

- Транспайлер Landau написан на Racket и состоит из двух основных частей:
- Синтаксический анализатор
  - Разворачивание циклов в последовательности присваиваний
  - Отслеживание зависимости переменных и их производных
  - Проверка программы на корректность
- Генератор кода
  - Генерация ANSI C и Racket кода

# Double-double



- Число double-double выражается как сумма двух компонент double (большого и маленького числа)  $x = x_l + x_h$ .
- Арифметика double-double имеет программную реализацию.
- Особый интерес представляет сравнение точности и скорости типов long double и double-double в задаче N тел.

# Интеграция double-double

- Описание модулей, в которых происходили изменения в связи с добавлением double-double.

- [#target-config.rkt](#) модуль описывает парсинг конфигурационного файла config.json, экспортирует глобальный биндинг TARGET, который содержит все бекенд-настройки, в том числе, язык генерации кода и представление действительных чисел.
- Был изменен параметр ([target-real-implementation](#)), отвечающий за бэкенд вещественного типа данных, изменен парсинг параметров, добавлены новые ветвления.



- [#constant-propagation.rkt](#) модуль с логикой для разрешения констант во время компиляции. Константы должны использовать представление 80-bit если выбран long-double или double-double бекенд.
- В связи с изменением параметра target-real-implementation были добавлены новые ветвления.

- #semantics.rkt модуль с логикой генерации кода вычисления производных. Он использует информацию из синтаксического анализатора и генерирует код в промежуточном представлении, не зависящем от выбранного бэкенда.
- Были добавлены ветвления для операций с double-double и double (сложение/вычитание, умножение/деление).

#[metalang.rkt](#) модуль описывает макросы промежуточного представления для всех бэкендов. Каждый добавленный сюда макрос должен быть экспортирован из semantics.rkt.

Написаны новые [функции](#), которые используются в semantics для операций с операндами double и double-double.

- [#combinators.rkt](#) модуль описывает функции кодогенерации для ansi-c бэкенда.
- Написаны новые функции и ветвления, которые генерируют ANSI-C код.
- К примеру [функция](#) для сложения в случае double-double бэкенда генерирует C-функцию dd\_add, а в случае double и long double бэкендов генерирует "+".

# Внедрение сгенерированного ANSI-C кода с помощью Landau в проект с задачей N тел

- На языке Landau была написана функция для расчёта состояния системы N тел в следующий момент времени.
- Затем был сгенерирован C код.
- Из библиотеки QD были выбраны и переписаны на ANSI-C нужные функции для работы с double-double.
- Из этого кода была сгенерирована статическая библиотека и интегрирована в проект с задачей N тел.

# Вывод

- В Landaui был успешно интегрирован тип данных double-double.
- Была написана и применена в стороннем проекте функция.