**IT-Колледж “Сириус”**

**ДОКЛАД**

по дисциплине “Введение в специальность”

на тему “Устройство интерпретатора Python”

Выполнил:  
Студент группы

1.9.7.1  
Ерёмин Фёдор Максимович

Принял:

Старший преподаватель  
Тенигин Альберт Андреевич

IT-Колледж “Сириус”  
2022

Содержание

[Введение: 3](#__RefHeading___Toc682_189691923)

[Глава 1. Python - что такое интерпретатор и его отличия от компилятора. 4](#__RefHeading___Toc684_189691923)

[Глава 2. Процесс компиляции исходного кода. 5](#__RefHeading___Toc686_189691923)

[2.1 Дерево разбора (Parse Tree) 5](#__RefHeading___Toc688_189691923)

[2.2 Токенизация и абстрактное синтаксическое дерево (AST) 6](#__RefHeading___Toc690_189691923)

[2.3 Генерация объектов кода. 7](#__RefHeading___Toc692_189691923)

[2.4 Объекты кода 8](#__RefHeading___Toc694_189691923)

[Выводы: 9](#__RefHeading___Toc696_189691923)

[Приложение 10](#__RefHeading___Toc859_189691923)

# Введение:

Сейчас многие отрасли испытывают дефицит it-специалистов. Это открывает множество возможностей для людей для изучения программирования. Для этого в качестве первого языка многие выбирают именно Python3 из-за его изначальной простоты в освоении, широкой поддержки разработчиками и сообществом и востребованности во многих направлениях разработки ПО. Однако, на мой взгляд при изучении любого языка программирования кроме синтаксиса и умения работать с прикладными библиотеками необходимо также знание базовых (внутренних) принципов работы выбранного вами инструмента. В случае с Python3 речь идёт об интерпретаторе кода.

Цель: подготовить актуальный и структурированный доклад о принципе работы интерпретатора языка программирования Python3.

Задачи:

* Найти информацию об устройстве интерпретатора и его отличиях от компилятора.
* Изучить этапы исполнения программы (сценария) на языке Python3
* Продемонстрировать процесс исполнения программы на реальном примере и сделать выводы

# Глава 1. Python - что такое интерпретатор и его отличия от компилятора.

Следует начать с того, что Python — мультипарадигменный высокоуровневый интерпретируемый язык программирования. Он был разработан в 1991 году Гвидо ван Россумом. Язык испытал влияние C и Lisp, что заметно из его синтаксиса и реализации поддержки функционального стиля программирования. Программа на языке Python может рассматриваться ещё и как сценарий — кода, решающего конкретную задачу «здесь и сейчас» (благодаря чему язык нашёл широкое применение в сфере автоматизации и тестирования ПО). Этот язык обладает внушительной базой кода — сейчас сайт pypi.org насчитывает более 400 тысяч библиотек.

Как было упомянуто ранее, Python является интерпретируемым языком. Интерпретатор — это программа, выполняющая интерпретацию. Данный процесс включает в себя построчный анализ, обработку и исполнение исходного кода. Также существуют компилируемые языки, такие как C, Java, Go и другие. Компилятор — программа, реализующая в целом тот же функционал, что и интерпретатор, однако вся обработка производится статически. Это значит, что все необходимые приведения типов и объем памяти для выполнения программы известны ещё до её выполнения. Таким образом, компилятор выявляет все возможные ошибки при потенциальном исполнении программы и требует их исправить до запуска. Интерпретатор же проверяет лишь синтаксическую правильность написанного кода и в таком случае позволит его запустить. Принято считать, что в своём составе интерпретатор также содержит компилятор, который отвечает за отсутствие синтаксических ошибок в исполняемой программе, при этом не проверяя корректность операций связанных с типами данных и необходимый объём памяти. Основное преимущество компилируемого подхода — заранее известные условия выполнения программы, а интерпретируемого — отсутствие необходимости тратить время на проверку кода, особенно в крупных проектах с большой базой исходного кода.

# Глава 2. Процесс компиляции исходного кода.

Как было упомянуто ранее, процесс обработки кода на языке Python включает в себя компиляцию и интерпретацию на виртуальной машине Python Virtual Machine (PVM). Это показано на рисунке 1.

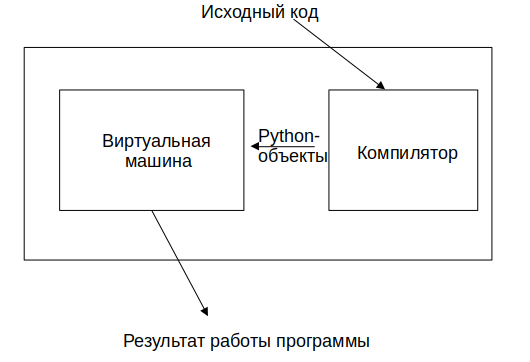
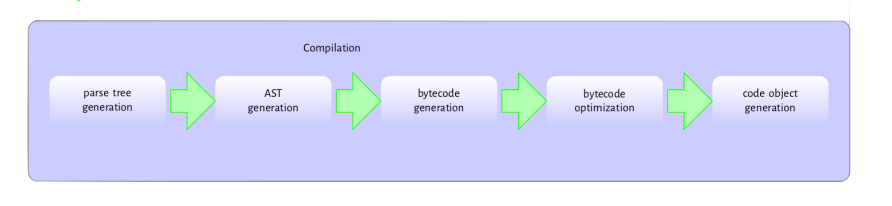


Рис. 1 Процесс обработки Python-кода

На протяжении всего процесса рассмотрения будет использоваться реализация CPython — каноничная реализация интерпретатора на языке C. По сути, любая программа на Python в процессе компиляции так или иначе превращается в программу на языке C. Подробнее процесс компиляции показан на рисунке 2.

Рис. 2 Компиляция Python-кода

Как видим, процесс можно разбить на следущие этапы:

1. Разбор кода с помощью синтаксического дерева (Parse Tree);
2. Токенизация и генерация абстрактного синтаксического дерева (AST);
3. Генерация объектов кода;
4. Генерация и опптимизация байт-кода;

Для наглядности будет использована программа, содержащая в себе функцию, принимающую один числовой аргумент и увеличивающий его на единицу, затем принимающая с консоли число и выводящая результатвыполнения функции на нём (рисунок 3).

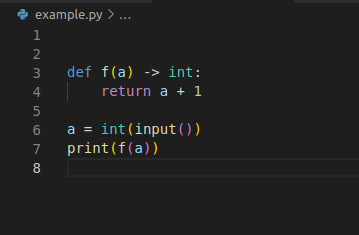


Рис.3 Используемая программа (example.py)

## 2.1 Дерево разбора (Parse Tree)

Первый этап обработки программы — синтаксическое дерево (дерево разбора). Процесс создания синтаксического дерева представляет собой сопоставление лексем языка с его формальной грамматикой: учитывает порядок слов, их связь в предложении и т. д. На рисунке 4 в качестве примера приведено типичное для английского языка синтаксическое дерево. Процесс создания дерева разбора происходит при помощи парсера. В Python используется LL-парсер — это значит, что разбор кода происходит слева направо и вывод результата также производится слева. В листинге 5 приведена часть актуальной грамматики Python — набора правил, по которым парсер производит разбор кода. Полная версия грамматики также находится в материалах к проекту. После создания дерева разбора интерпретатор переходит к генерации абстрактного синтаксического дерева. В языке есть модуль parse, являющийся интерфейсом для обращения к синтаксическому дереву программы, его изменению и компиляции. Однако в рамках проекта он не представляет интереса, т. к. не даёт никаких наглядных представлений передаваемого ему кода.

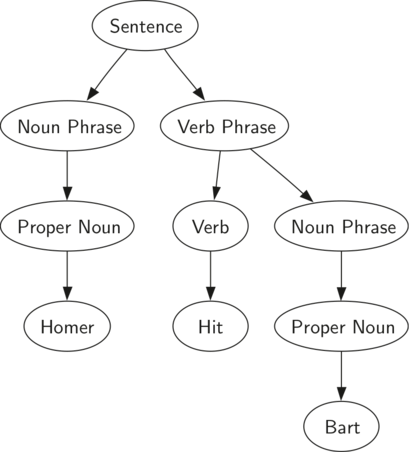
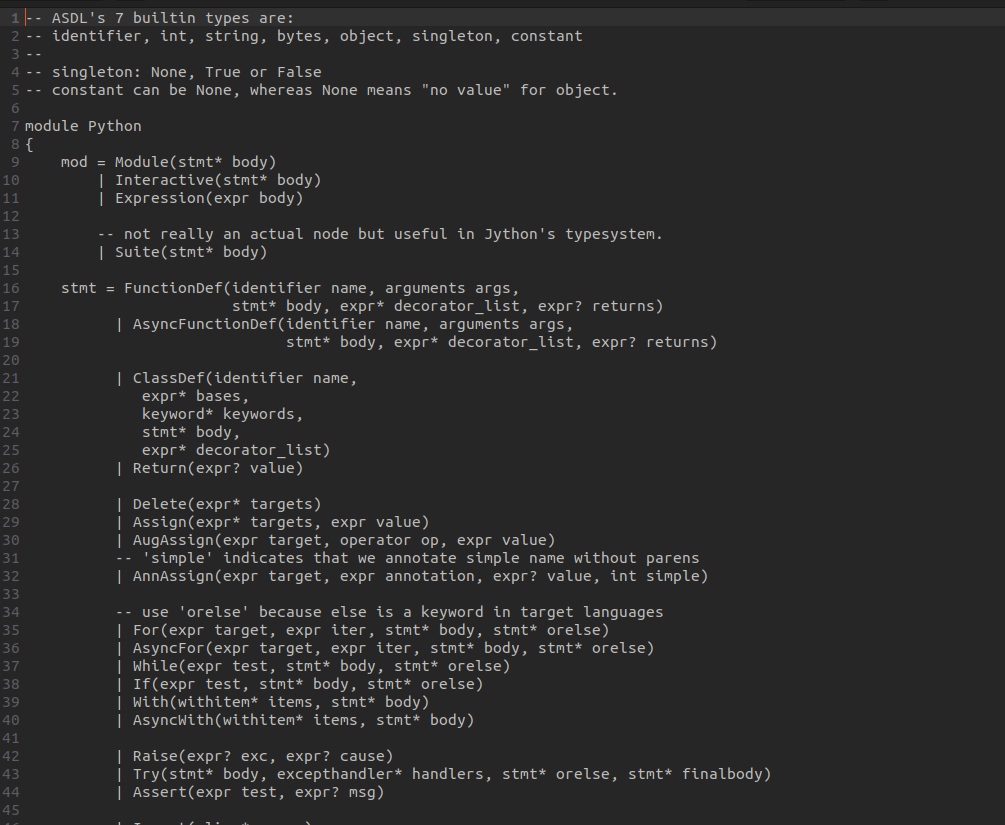


Рис 4. Синтаксическое дерево английского языка



Листинг 5. Грамматика Python

## 2.2 Токенизация и абстрактное синтаксическое дерево (AST)

Вся программа на языке Python состоит из токенов. Например, return — токен ключевого слова, литерал 2 — численный токен и т. п. Все токены относятся к какой-либо группе из следущего списка:

1. Индентификаторы — имена, задаваемые пользователем;
2. Операторы — например, +,-,\* и другие.
3. Разделители — например, скобки, операторы присваивания и др.
4. Литералы — значения переменных, такие как «spam», 2, 0xAFFA и подобные.
5. Комментарии
6. Специальный литерал новой строки — так как Python не использует фигурные скобки, имеет особое значение
7. Литералы отступа для показания вложенности

В процессе генерации дерева разбора каждой лексеме присваивается свой уникальный номер в зависимости от того, к какой категории токенов она принадлежит и какую функцию выполняет.

Далее дерево разбора переводится в AST — представление кода, лишённое особенностей синтаксиса языка. В файле res.txt приведён вывод скрипта decompile.py (рис. 6) для рассматриаемой в докладе программы example.py. В этой строке следует обратить внимание на 3 самых важных её части — блоки FunctionDef, Assign и Expr. Из названий параметров этих блоков понятно, за что отвечает каждый из них.

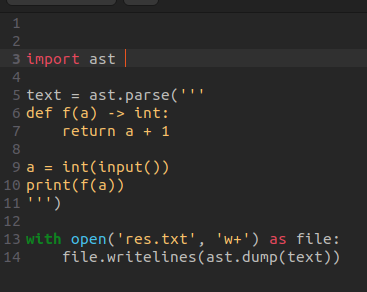


Рис.6 Декомпилятор исходного кода к AST

В блоке FunctionDef происходит задание функции f. Также описывается операция сложения (Add), в ходе которой аргумент функции увеличивается на константу (единицу). В конце блока указано, какая локальная переменная возвращается. В этом блоке и далее каждый упоминаемый объект AST имеет большое количество не интересующих нас аргументов, таких как ключевые слова, или, например, список декораторов функции.

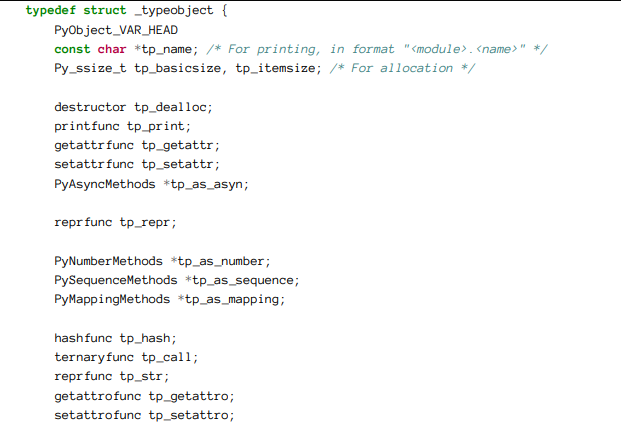
В блоке Assign создаётся переменная а, которой присвается значение из консольного ввода. Следует помнить, что всякая переменная в языке Python — ссылка на область памяти, в которой хранится объект. Объекты бывают неизменяемые (числа, строки) и изменяемые (списки, отображения, кортежи). Так, при изменении объекта первого типа значения всех переменных, ссылающихся на него создают новые объекты и перезаписываются, тогда как при изменении объектов второго типа переменные продолжают ссылаться на исходный объект.

В блоке Expr находится описание функции print, выводящей результат выполнения функции f на консоль.

После создания абстрактного синтаксического дерева интерпретатор переходит к генерации объектов кода.

## 2.3 Генерация объектов языка.

В результате токенизации у интерпретатора есть данные о создаваеммых переменных и функциях и операциях над ними. Далее на основе этих данных создаются PyObject’ы — объекты языка. Для того, чтобы набор данных стал объектом, он должен обладать рядом полей — название, размер элемента, геттер, сеттер, деструктор, хэш-функция от объекта, число и типы методов и другие (представлено в листинге 7). При помощи определителя типов typedef на языке С генерируются конструкторы таких объектов.



Листинг 7. Создание PyObject

## 2.4 Объекты кода

Далее интерпретатор переходит к объектам кода — последовательность, описывающая различные свойства функции при помощи байткодов. Каждый объект функции имеет аттрибут \_\_сode\_\_, содержащий в себе все возможные данные, такие как: количество переменных в функции, количество ячеек памяти, позиционных аргументов и другие подобные характеристики функции, связанные с ее локальными переменными и аргументами. У функции f в рассматриваемом файле при помощи выражения f.\_\_code\_\_.co\_code можно получить ее байткод: b'|\x00d\x01\x17\x00S\x00'. Имея данного рода машинные коды интерпретатор Python уже способен «общаться» с аппаратной частью компьютера, передавая процессору и другим компонентам инструкции.

Интерпретатор представляет собой набор файлов и инициализируется в pylifecycle.c функцией Py\_Initialize. В течение каждой операции интепретатор создаёт поток, либо выполняется в существующем потоке и хранит свое состояние. Тогда объект данных о состоянии интерпретатора хранит ссылку на данные о текущем его состоянии и ссылку на другие потоки, которым будет передано управление. Для обеспечения потокобезопасности в Python существует GIL — Global Interprer Lock. Замок интерпретатора по сути определяет, какой поток (процесс) сейчас держит управление программой. Из-за наличия данного механизма скорость выполнения многопоточной программы на Python зависит от того, как быстро замок интерпретатора может выбирать управляющий поток и переключаться на него, что в некоторых может заметно снизить скорость выполнения программы (относительно других языков). Это сделано для предотвращения состояния гонок (когда различные потоки пытаются изменить одно и то же значение в памяти, и от этого значения зависит дальнейшее поведение программы), для безопасного подсчёта ссылок, безопасного доступа к данным самого интерпретатора и изменению изменяемых структур данных.

# Выводы:

В ходе работы над докладом была рассмотрена сущность компилятора, его отличия от интерпретатора, а так же особенности интерпретатора Python, такие, как наличие в нём встроенного компилятора. Рассмотрены основные этапы интерпретации программы на Python, а именно: генерация дерева разбора, токенизация, генерация абстрактного синтаксического дерева, создание объектов языка и объектов кода, выполнения, а также была изученная необходимая для этого литература, приведённая в списке. Была создана тренировочная программа, на примере которой были наглядно рассмотрены все этапы интерпретации.

На основании проведённой работы можно сделать выводы о внутреннем устройстве интерпретатора Python. Подобные знания могут помочь обучающимся в изучении данного языка программирования и могут быть полезны для понимания как процессов по подготовке кода к выполнению в других языках программированиия, так и принципов работы компьютера в целом. Понимание принципов работы интерпретаторов является одним из основополагающих элементов знания языка программирования, потому выбранная для доклада тема является актуальной.

# Список литературы:

1. Obi Ike-Nwosu Inside the Python virtual machine. - Leanpub: 2019. - 126 с.

2. Python Docs // URL: docs.python.org (дата обращения: 06.10.2022).

3. Python behind the scenes by Viktor Skvortsov // URL: https://tenthousandmeters.com/blog/python-behind-the-scenes-1-how-the-cpython-vm-works/ (дата обращения: 06.10.2022).

4. Марк Лутц Изучаем Python. - 5-е изд. - М., СПб.: Диалектика, 2019. - 833 с.

5. Лучано Рамальо Python. К вершинам мастерства. - Leanpub: ДМК Пресс, 2016