

Mypy 简介

Optional static typing for Python

曾祥东

2024 年 9 月 12 日

Python 类型标注 (1)

- 原子类型：`int`、`float`、`bool`、`str`、`bytes`
 - 常量（初始化后禁止修改）：`Final`
- 容器类型：`list[int]`、`tuple[int, str, float]`、`dict[str, float]`、`set[int]`
 - Python 3.8 及之前版本：`from typing import List, Tuple, Dict, Set`
- 联合类型：
 - `int | str = Union[int, float]`
 - `str | None = Optional[str]`
 - 需要 `from typing import Union, Optional`
- 任意类型
 - `Any`：局部关闭类型检查
 - `object`：静态类型，所有对象的基类，并不能支持所有操作

Python 类型标注 (2)

- 函数与 lambda

```
from typing import Callable

def twice(i: int, next: Callable[[int], int]) → int:
    return next(next(i))

def add(i: int) → int:
    return i + 1

minus: Callable[[int], int] = lambda i: i - 1

print(twice(3, add), twice(3, minus)) # 5 1
```

- 生成器 (提供 `iter()` 和 `next()` 接口)

```
def squares(n: int) → Iterator[int]:
    for i in range(n):
        yield i * i
```

Python 类型标注 (3)

```
from dataclasses import dataclass
from enum import Enum
from typing import NamedTuple, TypedDict
```

```
class Gender(Enum):
    MALE = "male"
    FEMALE = "female"
```

```
@dataclass
class User1:
    name: str
    gender: Gender
```

```
class User2(NamedTuple):
    name: str
    gender: Gender
```

```
class User3(TypedDict):
    name: str
    gender: Gender
```

类型	修改值	添加属性	基类
dataclass	✓	✓	-
NamedTuple	✓	✗	tuple
TypedDict	✗	✗	dict

Python 类型理论

- 子类型多态

- 名义子类型 (nominal subtyping) : 来自继承
- 结构子类型 (structural subtyping) : 具有兼容的属性和方法

```
class Sized:
    def __len__(self) → int: ...
class Iterator:
    def __next__(self) → T: ...
    def __iter__(self) → Iterator[T]: ...
```

- 鸭子类型 (duck typing) : 动态的结构子类型

- `int < float`

- 参数多态





- 协变 (covariant) : `Sequence[Dog] < Sequence[Animal]`
- 逆变 (contravariant) : `Callable[[Animal], int] < Callable[[Dog], int]`
- 不变 (invariant) : `List[Dog] ✗ List[Animal] && List[Animal] ✗ List[Dog]`

Mypy 内部实现

- 运行流程
 - 模块依赖分析 → SCC (strongly connected component)
 - Python 语法分析 → AST
 - 语义分析 → 名称绑定、符号表
 - 类型检查 → `dict[Node, Type]`
- Typedshd : `*.pyi` 文件 , 标准库及第三方库的类型信息
- Mypyc
 - 生成 native C 代码
 - 流程 : AST → [语法、类型检查] → IR → [插入异常、引用计数] → C code → 机器码

```
def f(x):  
    x, r0 :: int  
L0:  
    r0 = CPyTagged_Add(x, 2)  
    return r0
```

相关工具

	Mypy	Pyright	Pyre	Pytype
作者	Python	Microsoft	Meta	Google
语言	Python	TypeScript	OCaml	Python
性能				

参考

- Typing PEPs: <https://peps.python.org/topic/typing>
 - PEP 483 - The Theory of Type Hints
 - PEP 484 - Type Hints