

Kurs rozszerzony języka Python

Wykład 6.

Marcin Młotkowski

23 listopada 2022

Plan wykładu

- 1 Callable objects
- 2 Wątki
 - Wprowadzenie
 - Dzielenie się zasobami
 - Zmienne warunkowe
- 3 Przykład
- 4 Wieloprocessorowość
- 5 Programowanie asynchroniczne

Plan wykładu

- 1 Callable objects
- 2 Wątki
 - Wprowadzenie
 - Dzielenie się zasobami
 - Zmienne warunkowe
- 3 Przykład
- 4 Wieloprocessorowość
- 5 Programowanie asynchroniczne

Wszystko jest obiektem.

Wszystko jest obiektem.

A funkcje?

Przykład

```
def foo(x):  
    return 2*x  
  
dir(foo)
```

Przykład

```
def foo(x):  
    return 2*x
```

```
dir(foo)
```

```
['__call__', '__class__', '__closure__', '__code__',  
 '__init__', '__init_subclass__', '__kwdefaults__',  
 '__str__', '__subclasshook__', ...]
```

Elementy wykonywalne (ang. *callable*)

Są to te elementy języka Python, które można wywoływać jak funkcję.

Elementy wykonywalne (ang. *callable*)

Są to te elementy języka Python, które można wywoływać jak funkcję.

Przykłady:

- funkcje i metody wbudowane;
- funkcje zdefiniowane przez użytkownika;
- metody obiektu;
- klasy (tworzenie nowego obiektu);
- obiekty implementujące metodę `__call__`.

Przykład obiektu wykonywalnego

```
class Potrojenie:
    def __call__(self, n):
        return self.podwojenie(n) + n

    def podwojenie(self, n):
        return n + n
```

Własny licznik

```
licznik() # zwraca 1  
licznik() # zwraca 2  
licznik() # zwraca 3
```

Własny licznik

```
licznik() # zwraca 1  
licznik() # zwraca 2  
licznik() # zwraca 3
```

```
class Licznik:  
    def __init__(self):  
        self.licznik = 0  
    def __call__(self):  
        self.licznik += 1  
        return self.licznik
```

```
licznik = Licznik()
```

Plan wykładu

- 1 Callable objects
- 2 Wątki
 - Wprowadzenie
 - Dzielenie się zasobami
 - Zmienne warunkowe
- 3 Przykład
- 4 Wieloprocessorowość
- 5 Programowanie asynchroniczne

Wstęp

Z Wikipedii:

Wątek (ang. thread) — to jednostka wykonawcza w obrębie jednego procesu, będąca kolejnym ciągiem instrukcji wykonywanym w obrębie tych samych danych (w tej samej przestrzeni adresowej).

Wątki tego samego procesu korzystają ze wspólnego kodu i danych, mają jednak oddzielne stosy.

Po co używać wątków

- zrównoleglenie wolnych operacji wejścia/wyjścia (ściągnięcie pliku/obsługa interfejsu)
- jednoczesna obsługa wielu operacji, np. serwery WWW

Przykładowe obliczenie programu dwuwątkowego

Przykład 1.

Wątek I	Wątek II
$i = i + 1$	
<code>print i</code>	
$i = i + 1$	
<code>print i</code>	
$i = i + 1$	
<code>print i</code>	
	$i = i + 1$
	<code>print i</code>
	$i = i + 1$
	<code>print i</code>
	$i = i + 1$
	<code>print i</code>

Przykład 2.

Wątek I	Wątek II
$i = i + 1$	
<code>print i</code>	$i = i + 1$
	<code>print i</code>
$i = i + 1$	
	$i = i + 1$
<code>print i</code>	
	<code>print i</code>
$i = i + 1$	
	$i = i + 1$
<code>print i</code>	
	<code>print i</code>

Moduły wątków w Pythonie

- `thread` (`3.*: _thread`): niskopoziomowa biblioteka
- `threading`: wysokopoziomowa biblioteka, korzysta z `thread`;

Moduły wątków w Pythonie

- `thread (3.*: _thread)`: niskopoziomowa biblioteka
- `threading`: wysokopoziomowa biblioteka, korzysta z `thread`;
- `dummy_thread`
- `dummy_threading`
- `multiprocessing`
- `concurrent.futures`

Jak korzystać z wątków

```
class Thread:
    def run(self):
        """Operacje wykonywane w wątku"""
        pass

    def start(self):
        """Wystartowanie obliczeń w wątku"""
```

Przykładowe zadanie

Zasymulowanie za pomocą wątków biegaczy w maratonie.

Implementacja klasy biegaczy

```
import threading

total distance = 0

class Runner(threading.Thread):
    def __init__(self, nr startowy):
        self.numer = nr startowy
        threading.Thread.__init__(self)
```

Implementacja biegu

```
def run(self):  
    global total_distance  
    dystans = 42195  
    while dystans > 0:  
        dystans = dystans - 1  
        total_distance = total_distance + 1  
        if dystans % 10000 == 0:  
            print(f"Zawodnik nr {self.numer}")  
    print(f"Zawodnik {self.numer} na mecie")
```

Rozpoczęcie biegu

```
r1 = Runner(1)
r2 = Runner(2)

r1.start()
r2.start()

r1.join()
r2.join()

print ("koniec wyścigu, dystans {}".format(total_distance))
```

Rola `.join`

- Główny program to też wątek, więc po wywołaniu *r1.start()* są dwa wątki
- `r1.join()` oznacza, że wątek nadrzędny będzie czekał na zakończenie wątku `r1`

Tworzenie wątków

Podsumowanie

Wątki tworzymy dziedzicząc po klasie Thread.

Inny sposób tworzenia wątków

wątek = Thread(target=*callable*, args=*sekwencja*)

Inny sposób tworzenia wątków

wątek = Thread(target=*callable*, args=*sekwencja*)

```
import threading
```

```
wątek = threading.Thread(target=pow, args=(2, 10))
```

Dostęp do wspólnej zmiennej wątków

Przypomnienie

```
total_distance = 0
```

```
class Runner(threading.Thread):
```

```
    ...
```

```
        total_distance = total_distance + 1
```

```
print (total_distance)
```

Zagadka

Jaka jest wartość zmiennej `total_distance`?

Zagadka

Jaka jest wartość zmiennej `total_distance`?

Teoria

$$2 * 42195 = 84390$$

Zagadka

Jaka jest wartość zmiennej `total_distance`?

Teoria

$$2 * 42195 = 84390$$

Praktyka

54390

74390

83464

...

Operacje atomowe?

```
i = i + 1
```

```
LOADFAST 0
```

```
LOAD_CONST 1
```

```
BINARY_ADD
```

```
STORE_FAST 0
```


Operacje atomowe?

```
i = i + 1
```

```
LOADFAST 0  
LOAD_CONST 1  
BINARY_ADD  
STORE_FAST 0
```

```
i = i + 1
```

```
LOADFAST 0  
LOAD_CONST 1  
BINARY_ADD  
STORE_FAST 0
```

Blokady

```
lock = Lock()
def run(self):
    global lock
    ...
    lock.acquire()
    total_distance = total_distance + 1
    lock.release()
```

Inne blokady

RLock

Wątek może założyć blokadę dowolną liczbę razy, i tyleż razy musi ją zwolnić. Bardzo spowalnia program.

Semaphore

Blokadę można założyć ustaloną liczbę razy:

```
sem = Semaphore(3)
sem.acquire()
sem.acquire()
sem.acquire()
sem.acquire() # blokada
```

Czekanie na zasób

Jeden wątek (barman) nalewa mleko do szklanki, drugi (klient) czeka na napełnienie szklanki do pełna i wypija mleko.

Implementacja picia mleka

```
lck = Lock()
```

Nalewanie

```
lck.acquire()  
for i in range(5):  
    szklanka_mleka = szklanka_mleka + 1  
lck.release()
```

Wypijanie

```
while szklanka_mleka != 5: pass  
lck.acquire()  
while szklanka_mleka > 0:  
    szklanka_mleka = szklanka_mleka - 1  
lck.release()
```

Implementacja picia mleka

```
lck = Lock()
```

Nalewanie

```
lck.acquire()  
for i in range(5):  
    szklanka_mleka = szklanka_mleka + 1  
lck.release()
```

Wypijanie

```
while szklanka_mleka != 5: pass  
lck.acquire()  
while szklanka_mleka > 0:  
    szklanka_mleka = szklanka_mleka - 1  
lck.release()
```

Zmienne warunkowe

Mechanizm który pozwala na usypianie i budzenie wątków.

Implementacja

```
lck = threading.Condition()
```

Konsumpcja

```
lck.acquire()  
while szklanka_mleka != 5:  
    lck.wait()  
while szklanka_mleka > 0: szklanka_mleka = szklanka_mleka - 1  
lck.release()
```

Nalewanie

```
lck.acquire()  
for i in range(5):  
    szklanka_mleka = szklanka_mleka + 1  
lck.notify()  
lck.release()
```


Zmienne warunkowe

- Zmienne warunkowe są zmiennymi działającymi jak blokady (`acquire()`, `release()`);
- metoda `wait()` zwalnia blokadę i usypia bieżący wątek;
- metoda `notify()` budzi jeden z uśpionych wątków (na tej zmiennej warunkowej), `notifyAll()` budzi wszystkie uśpione wątki.

Wady takiego mechanizmu

- jest tylko jedna szklanka, można do niej tylko nalewać albo tylko z niej pić;
- barman nie może nalać więcej szklanek na zapas i iść do domu

Bezpieczne struktury

Thread-safety

Struktura danych jest *thread-safe*, jeśli może być bezpiecznie używana w środowisku wielowątkowym.

Struktury danych do programów wielowątkowych

Klasa Queue:

- Jest to kolejka FIFO, thread-safe;
- Konstruktor: `Queue(rozmiar)`
- pobranie elementu (z usunięciem): `.get()`; gdy kolejka jest pusta zgłasza wyjątek `Empty`
- `.get(True)`: gdy kolejka jest pusta, wątek jest usypiany;
- umieszczenie elementu: `.put(element)`, gdy kolejka jest pełna to zgłaszany jest wyjątek `Full`;
- umieszczenie elementu: `.put(element, True)`, gdy kolejka jest pełna wątek jest usypiany;
- `.full()`, `.empty()`

Warianty klasy Queue

- LifoQueue
- PriorityQueue

Bar mleczny: inne rozwiązanie

```
def mlekopij(q):  
    while True:  
        szklanka_mleka = q.get()  
        q.task_done()  
  
q = queue.Queue()  
m = threading.Thread(target=mlekopij, args=(q,))  
m.start()  
  
for mleczko in bar_mleczny:  
    q.put(mleczko)  
  
q.join()  
m.join()
```

Plan wykładu

- 1 Callable objects
- 2 Wątki
 - Wprowadzenie
 - Dzielenie się zasobami
 - Zmienne warunkowe
- 3 Przykład
- 4 Wieloprocessorowość
- 5 Programowanie asynchroniczne



Źródło: Wikimedia

Efektywność standardowych wątków

Global Interpreter Lock (GIL)

Tylko jeden wątek ma dostęp do bytencodu.

Operacje I/O

GIL jest zwalniany podczas czekania na operacje We/Wy.

Pytanie: To kiedy używać wątków?

Pytanie: To kiedy używać wątków?

Odpowiedź: Jak mamy do czynienia z operacjami we/wy.

Zadanie

Przeglądać katalogi i podkatalogi, wyliczać liczbę MD5.

Schemat rozwiązania

- funkcja przeglądanie będzie przeglądać pliki i katalogi, znalezione pliki wrzuci do kolejki `file_queue`;
- w kilku wątkach uruchomię funkcję `analizator`, która będzie pobierać z `file_queue` pliki, a wyniki umieszczać w `result_queue`;
- funkcja `raport` w odrębnym wątku będzie czytać wyniki z kolejki `result_queue` i wypisywać na terminal.

Plan wykładu

- 1 Callable objects
- 2 Wątki
 - Wprowadzenie
 - Dzielenie się zasobami
 - Zmienne warunkowe
- 3 Przykład
- 4 Wieloprocessorowość
- 5 Programowanie asynchroniczne

Biblioteka multiprocessing

- podobna do threading;
- oparta o procesy, nie o wątki; więc nie powinno być problemu z GIL'em.

Tworzenie procesów

```
import multiprocessing
```

```
p = multiprocessing.Process(target=callable, args=sequence)
```

Process

Prawie identyczne jak Threads:

```
from multiprocessing import Process

pr = Process(target=foo, args=(1,2,3))
pr.start()
pr.join()
```

Kolejki z danymi

Zamiast Queue używa się JoinableQueue:

```
from multiprocessing import JoinableQueue

qu = JoinableQueue()

qu.join()
```

Inne rozwiązanie

Pule procesów

Biblioteka Pool

Inne rozwiązanie

Pule procesów

Biblioteka Pool

Liczby Fibonacciego

Algorytm rekurencyjny, pierwsze wywołanie dzieli na dwa procesy.

Implementacja wieloprocessorowa

```
def fib(n):  
    if n < 2: return 1  
    return fib(n - 1) + fib(n - 2)
```

```
from multiprocessing import Pool
```

```
def pfib(n):  
    if n < 2: return 1  
    p = Pool(2)  
    result = p.map(fib, [n-1, n-2])  
    return sum(result)
```

Wymiana informacji między procesami

```
multiprocessing.Value
```

```
val = Value("i", 0)
```

```
...
```

```
val.value = 512
```

Wymiana informacji między procesami

multiprocessing.Value

```
val = Value("i", 0)
```

```
...
```

```
val.value = 512
```

multiprocessing.Queue

```
q = Queue()
```

```
...
```

```
q.put(wartosc)
```

```
q.get()
```


Komunikacja synchroniczna

```
par_conn, child_conn = Pipe()
...
child_conn.send([1, "dwa", 3.0])
...
print(par_conn.recv())
```

I jeszcze jedna biblioteka

`concurrent.futures`

- automatyczny wybór między wątkami a procesami;
- Od wersji 3.2

Plan wykładu

- 1 Callable objects
- 2 Wątki
 - Wprowadzenie
 - Dzielenie się zasobami
 - Zmienne warunkowe
- 3 Przykład
- 4 Wieloprocessorowość
- 5 Programowanie asynchroniczne

Współprogramy (*ang. coroutines*)

Współprogram

Pewien rodzaj podprogramu (procedury, funkcji etc.), który może zostać zawieszony a sterowanie jest przekazywane do innego współprogramu.

Współprogramy (*ang. coroutines*)

Współprogram

Pewien rodzaj podprogramu (procedury, funkcji etc.), który może zostać zawieszony a sterowanie jest przekazywane do innego współprogramu.

Czasem niektórzy mówią *korutyny*.

Współprogramy w Pythonie

Deklarowanie współprogramu:

```
async def foo():  
    pass
```

To nie funkcja! To bardziej generator.

Zawieszanie działania programu

`await` obiekt

Obiekt powinien być *awaitable*.

Uruchomienie

Pojedynczy współprogram

```
import asyncio

asyncio.run(foo())
```

Lista współprogramów

```
import asyncio

wspolprogramy = []
await asyncio.gather(*wspolprogramy)
```


Wyszukanie słowa Python w plikach

Poszukamy słowa "Python" synchronicznie i asynchronicznie.