

Raspodijeljeni sustavi (RS)

Nositelj: doc. dr. sc. Nikola Tanković

Asistent: Luka Blašković, mag. inf.

Ustanova: Sveučilište Jurja Dobrile u Puli, Fakultet informatike u Puli



Fakultet informatike u Puli

(3) Asinkroni Python: Osnove *asyncio* biblioteke

#3

RS

Asinkronost je koncept koji označava mogućnost simultanog izvršavanja više zadataka pri čemu se zadaci izvršavaju neovisno jedan o drugome, odnosno ne čekaju jedan na drugi da se završe, već se odvijaju neovisno o međusobnim vremenskim ograničenjima. U Pythonu, asinkrono programiranje omogućuje nam da zadatke izvršavamo konkurentno, bez blokiranja izvršavanja programa i to bez korištenja tradicionalnih multi-threading tehnika kroz programske dretve. Navedeno je korisno za zadatke poput I/O operacija, mrežne operacije pozivanja velikog broja API-ja, obrade velikih količina podataka i/ili čitanje velikog broja datoteka, *streaming* i sl. Kroz ovu skriptu naučit ćete pisati konkurentni Python kod koristeći biblioteku *asyncio*.

 Posljednje ažurirano: 17.11.2025.

Sadržaj

- [Raspodijeljeni sustavi \(RS\)](#)
- [\(3\) Asinkroni Python: Osnove *asyncio* biblioteke](#)
 - [Sadržaj](#)
- [1. *asyncio* biblioteka](#)
 - [1.1. Korutine \(eng. Coroutines\)](#)
 - [1.2 Event Loop](#)
 - [1.2.1 Analogija za razumijevanje konkurentnog izvršavanja](#)
 - [1.3 Konkurentno izvršavanje više korutina](#)
 - [Primjer 1: Sinkrono izvođenje dvije funkcije koje simuliraju dohvaćanje podataka s različitim vremenom trajanja.](#)
 - [Primjer 2: Asinkrono izvođenje dvije korutine koje simuliraju dohvaćanje podataka s različitim vremenom trajanja.](#)

- [Primjer 3: Konkurentno izvođenje dvije korutine koje simuliraju dohvaćanje podataka s različitim vremenom trajanja.](#)
- [Primjer 4: Što se događa ako *awaitamo* taskove u drugačijem redoslijedu nego što su raspoređeni?](#)
- [Primjer 5: Što ako *awaitamo* samo jednu korutinu, a rasporedimo više korutina u event loop?](#)
- [1.4 Konkurentno izvršavanje s `asyncio.gather\(\)`.](#)
- [1.5 Konkurentno izvođenje kroz `asyncio.gather\(\)` i `asyncio.create_task\(\)`.](#)
- [2. Zadaci za vježbu - Korutine, Task objekti, gather metoda, event loop](#)

1. `asyncio` biblioteka

`asyncio` je biblioteka koja se koristi za pisanje konkurentnog koda kroz `async/await` sintaksu. Ova biblioteka omogućuje nam da pišemo asinkroni kod koji se izvršava konkurentno, bez blokiranja izvršavanja programa te služi kao svojevrsni **temelj za pisanje asinkronih programa u Pythonu**.

Primjeri kada je korisno pisati asinkroni kod:

- izvođenje više zadataka bez blokiranja glavnog toka programa
- učinkovito upravljanje I/O operacijama (npr. čitanje/pisanje datoteka, mrežni zahtjevi)
- izgradnja mrežnih aplikacija koje zahtijevaju visoku propusnost i nisku latenciju (npr. web poslužitelji, chat aplikacije, *streaming* servisi, multiplayer gaming poslužitelji, financijske aplikacije u realnom vremenu, raspodijeljeni sustavi za obradu podataka u realnom vremenu - npr. telemetrija, IoT sustavi, senzorske mreže i sl.)

`asyncio` biblioteka je uključena u standardnu biblioteku **Pythona 3.7+** pa ju nije potrebno naknadno instalirati.

Pitanje: Koja je razlika između **paralelnog** i **konkurentnog** izvršavanja koda?

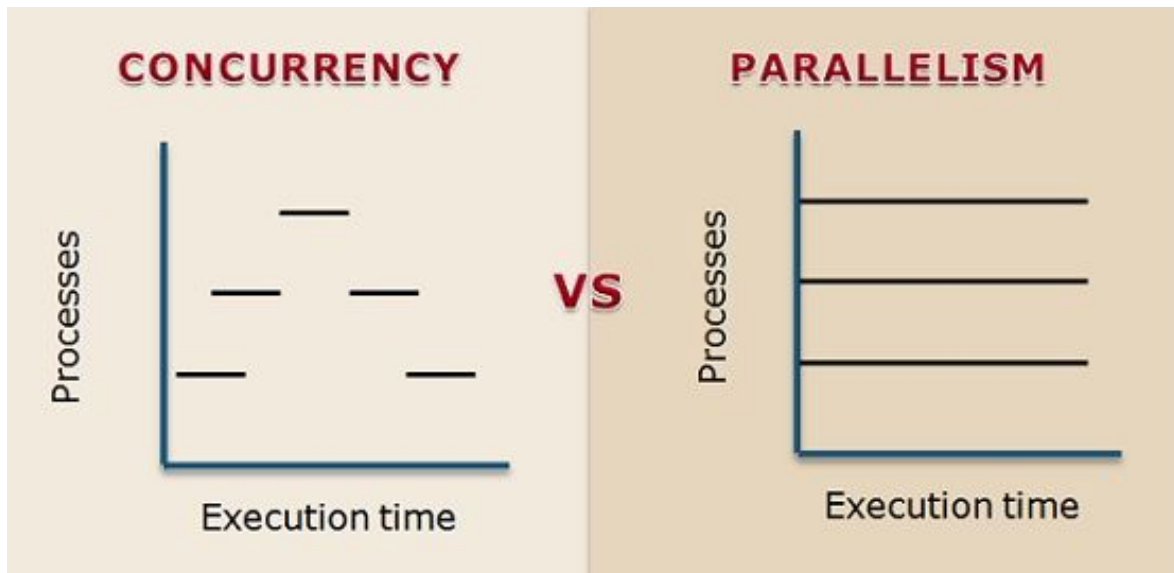
Paralelno izvršavanje (*eng. Parallelism*) sastoji se od izvršavanja više operacija simultano, odnosno u isto vrijeme. Ovo se postiže korištenjem prvenstveno više procesnih jezgri ili jedinica. Paralelno izvršavanje je fizičko - odvija se na različitim procesorskim jezgrama ili računalima.

- paralelno izvršavanje predstavlja *istinski simultano* izvršavanje više zadataka odjednom
- zahtijeva više CPU jezgri (*eng. CPU Cores*) ili više računala (npr. u raspodijeljenim sustavima), biblioteke kao što su `multiprocessing` u Pythonu omogućuju paralelno izvršavanje koda
- tipično se koristi za zadatke koji su CPU-intenzivni (*eng. CPU-bound tasks*) - npr. obrada velikih količina podataka, velika numerička računanja (strojno učenje, duboko učenje), složene simulacije s velikim brojem ulaznih varijabli i sl.
- paralelizam je fizički - više stvari se događa u isto vrijeme

Konkurentno izvršavanje (*eng. Concurrency*) sastoji se od izvršavanja više operacija u isto vrijeme, ali ne nužno simultano niti istim redoslijedom. To znači da se operacije mogu međusobno preklapati u vremenu, ali se izmjenjuju u svom izvršavanju, koristeći najčešće jednu procesorsku jedinicu tj. iste resurse. Konkurentnost se ostvaruje kroz mehanizme kao što su asinkrono programiranje, višedretvenost (*eng. multithreading*) te programiranje bazirano na događajima (*eng. event-driven programming*).

Međutim, konkurentnost je moguće ostvariti i kroz jednodretveni pristup - npr. `asyncio` biblioteka u Pythonu.

- radi se o posebnom *strukturiranju programa* koji omogućuje da se više zadataka obrađuje tijekom nekog vremenskog intervala
- može se izvoditi na jednoj CPU jezgri (`asyncio`) ili na više jezgri (`multithreading`)
- konkurentnost je logička, ne fizička - više stvari je "u tijeku"



Napomena: Na ovom kolegiju dotaknuti ćemo se prvenstveno **konkurentnog izvršavanja** kroz asinkrono programiranje koristeći `asyncio` biblioteku budući da se problemi u raspodijeljenim sustavima često odnose na učinkovito upravljanje I/O operacijama, a ne na CPU-intenzivne zadatke.

1.1. Korutine (eng. Coroutines)

Korutine (eng. *coroutines*) predstavljaju posebne vrste funkcija koje mogu pauzirati i nastaviti svoje izvršavanje, dozvoljavajući na taj način asinkrono programiranje bez blokiranja glavnog toka programa.

Korutine se definiraju korištenjem `async def` sintakse, a njihovim izvršavanje se upravlja pomoću `await` ključne riječi i `asyncio` specifičnih funkcija/metoda.

Preciznije, ključne riječi `async` i `await` koriste se za:

1. **Definiranje asinkronih** (`async`) funkcija (koje vraćaju `coroutine` objekte kao povratnu vrijednost)
2. **Pokretanje** asinkronih funkcija korištenjem `await` izraza unutar drugih asinkronih funkcija (preciznije: *suspendira trenutnu korutinu i prepušta izvršavanje programa event loop-u*)

Korutine mogu biti **pokrenute**, **pauzirane**, **nastavljene** i **završene** u bilo kojem trenutno tijekom njihovog ciklusa izvođenja (eng. *lifecycle*).

Sintaksa za definiranje jednostavne korutine:

```
async def korutina(vrijednost):  
    # tijelo korutine  
    # tijelo korutine  
    # ...  
    return vrijednost # povratna vrijednost korutine
```

Ako sada pokušamo pozvati ovu korutinu na uobičajen način kao što bismo to učinili s običnom funkcijom, npr. `korutina(5)`, kao rezultat nećemo dobiti povratnu vrijednost `5`, već ćemo dobiti **objekt korutine** (*coroutine object*) - `CoroutineType`.

Objekt korutine (eng. *coroutine object*) je posebna vrsta objekta koja predstavlja **rezultat poziva asinkrone funkcije** definirane s `async def` **koja se još nije izvršila**. Dakle, `korutina` ustvari vraća tip `CoroutineType`, što je definirano ugrađenom klasom `<class 'coroutine'>`.

```
async def korutina(vrijednost) -> CoroutineType:
    return vrijednost
coroutine_objekt = korutina(5) # poziv korutine vraća CoroutineType objekt, definirano kao
<class 'coroutine'>
```

Kako bismo simulirali asinkrono izvršavanje, iskoristit ćemo funkciju `asyncio.sleep()` koja simulira čekanje (odgađanje izvođenja programa) zadano u sekundama.

Sintaksa:

```
asyncio.sleep(delay)
```

- `delay` - broj sekundi koliko želimo čekati tj. odgoditi izvršavanje koda

Primjer: Definicija `main()` korutine koja ispisuje "Hello", čeka 1 sekundu, potom ispisuje "World".

```
import asyncio

async def main(): # asinkrona main funkcija (korutina)
    print('Hello')
    await asyncio.sleep(1)
    print('World')
```

Kako bismo pozvali korutinu `main()`, potrebno ju je pokrenuti pomoću `asyncio.run()` funkcije. Funkcija `run` je glavna funkcija `asyncio` biblioteke kojom pokrećemo korutinu **pokretanjem tzv. event loopa**. Kao obavezan argument, očekuje *coroutine object* koji želimo pokrenuti.

Sintaksa:

```
asyncio.run(coroutine_object)
```

- `coroutine` - asinkrona funkcija (korutina) koju želimo pokrenuti

Primjer pokretanja korutine `main()` s `asyncio.run`:

```
import asyncio

async def main():
    print('Hello')
    await asyncio.sleep(1)
    print('World')

asyncio.run(main()) # Ne prosljeđujemo main kao referencu, kao što bismo to učinili s
običnom funkcijom (npr. lambda izrazom), već je moramo eksplicitno pozvati.

# ili možemo pohraniti u varijablu coroutine objekt koji predstavlja poziv korutine main()
coroutine_objekt = main()
asyncio.run(coroutine_objekt)
```

Ispis nakon pokretanja jedne korutine `main()`:

```
Hello
World
```

Kao što vidimo, ispis `"Hello"` se pojavljuje odmah, dok se ispis `"World"` pojavljuje nakon 1 sekunde.

Primjer iznad ne iskorištava potencijal konkurentnog programiranja jer smo pokrenuli samo jednu korutinu - isto možemo postići i običnom funkcijom tj. **sinkronim izvođenjem**:

```
import time

def main():
    print('Hello')
    await time.sleep(1) # blokira glavni tok programa na 1 sekundu
    print('World')

main()
```

Ipak, postoji nekoliko ključnih razlika koje moramo uočiti:

- u asinkronom kodu koristili smo modul `asyncio` za čekanje od 1 sekunde, dok smo u sinkronom kodu koristili `time.sleep()`
- u asinkronom kodu, poziv `main()` uvijek vraća coroutine objekt, dok u sinkronom kodu, poziv `main()` izvršava funkciju odmah i vraća povratnu vrijednost koju definira funkcija (u našem slučaju `None`)
- u asinkronom primjeru, funkciju (korutinu) definiramo s `async def`, dok u sinkronom primjeru koristimo samo `def`

Zašto u primjeru iznad koristimo `await asyncio.sleep(1)` umjesto `time.sleep(1)`?

- razlog je taj što `time` modul ne **podržava asinkrono programiranje**, odnosno objekt `time` nema definiranu `__await__` metodu koja je potrebna da bi se mogao koristiti s `await` izrazom unutar asinkrone funkcije - samim time, ova naredba predstavlja blocking I/O operaciju koja blokira glavni tok programa (aktivnu dretvu) na 1 sekundu

Objekte koji imaju implementiranu `__await__` metodu i možemo koristiti s `await` izrazom unutar asinkronih funkcija nazivamo **awaitable objektima** ([awaitable objects](#)).

Ovisno o linteru koji koristite (npr. `pylint`, `flake8`, `black` i sl.), možda ćete dobiti upozorenje za korištenje blocking I/O operacije unutar asinkrone funkcije, a **možda i nećete**.

```
import asyncio, time

async def main():
    print('Hello')
    await time.sleep(1) # Greška! Ali neki linteri neće prijaviti grešku prije pokretanja
    koda.
    print('World')

asyncio.run(main()) # TypeError: object NoneType can't be used in 'await' expression
```

1.2 Event Loop

Pokretanjem `asyncio.run()` funkcije, automatski se stvara i pokreće **event loop**. *Event loop* je srž asinkronog programiranja u Pythonu i predstavlja interni mehanizam koji upravljanja izvršavanjem asinkronih zadataka (korutina) unutar programa.

Event loop omogućuje da se više korutina izvršava konkurentno, bez blokiranja glavnog toka programa.

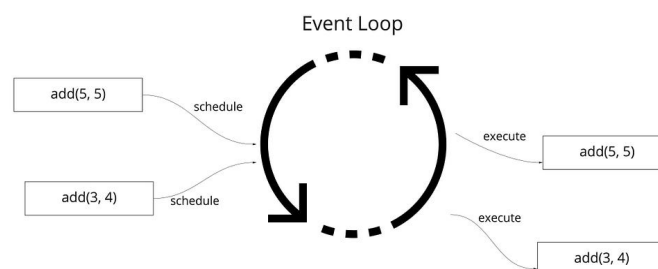
Zamislimo *event loop* kao **scheduler asinkronih zadataka**.

Mi smo do sada pozvali samo jednu korutinu `main()` kroz *event loop*. Međutim, u praksi, prilikom razvoja robusnih asinkronih mrežnih aplikacija, *event loop* može upravljati stotinama ili čak tisućama korutina "istovremeno".

Grafički možemo predstaviti *event loop* kao petlju koja provjerava **postoje li zadaci** (korutine) za izvršavanje. Svakom zadatku omogućuje da se privremeno zaustavi i kasnije nastavi, ovisno o stvarnoj potrebi.

Zašto jednu po jednu? Python nije striktno jednodretveni jezik (*eng. single-threaded*), tj. dozvoljava višedretveno izvršavanje koda, **međutim samo jedna dretva može izvršavati Python bytecode** u određenom trenutku zbog **Global Interpreter Lock (GIL)** mehanizma (*there are [workarounds](#)...*).

- GIL je implementacijsko ograničenje unutar CPython *interpretera/compilera* koje možemo zamisliti kao ključ koji dozvoljava samo jednoj dretvi da izvršava Python *bytecode* u određenom trenutku. Ako vas više zanima, pročitajte [ovaj članak o GIL-u](#).



Jednostavna ilustracija Python *event loop*-a koja prikazuje dvije korutine (`add(5, 5)` i `add(3, 4)`) koje se raspoređuju unutar *event loop*-a za konkurentno izvršavanje.

1.2.1 Analogija za razumijevanje konkurentnog izvršavanja

Zamislite jednu zgradu s nekoliko stanova 🏠

Zgrada predstavlja Python *proces* koji se izvršava (npr. web servis)

U zgradi se nalazi više **Stanova**, a svaki stan predstavlja jednu *dretvu* (*eng. thread*).

Svaki *Stan* (*dretva*) ima svoje **Stanare** (*korutine*) koji mogu međusobno komunicirati i na taj način surađivati kako bi uspješno obavljali razne kućanske poslove (npr. čitanje datoteka, mrežni zahtjevi, obrada podataka i sl.)

U cijeloj zgradi postoji samo jedan **Mikrofon** 🎤, kojim se smije govoriti u jednom trenutku, stanari bez *Mikrofona* jednostavno ne mogu komunicirati jer su stariji, i slabije čuju 😞. U slučaju loše komunikacije, kućanski poslovi ne mogu se obavljati učinkovito.

Mikrofon predstavlja GIL (Global Interpreter Lock).

Bez obzira na veći broj *Stanova* i *Stanara* u *Zgradi*, *Mikrofon* može koristiti **samo jedan Stanar (korutina) u jednom trenutku** - jednostavno nemamo više mikrofona...

Ovo je upravo ono što **GIL** radi u Pythonu - dopušta samo jednoj dretvi da izvršava *Python bytecode* u određenom trenutku.

Ako jedan *Stanar* predugo govori na *Mikrofon*, drugi polako počinju biti nervozni jer ne mogu doći do riječi te samim tim ništa ne rade, a izvršavanje kućanskih poslova se usporava ili potpuno zaustavlja (*blocking code*, npr. `time` ili `requests` moduli).

Pojedini *Stanar* može dugo koristiti mikrofon iz više razloga:

1. jednostavno sporo govori (*I/O* - čitanje velike datoteke),
2. možda čeka na ključne informacije od još starijeg *Stanara* sa sedmog kata, (*dugi mrežni zahtjevi, čekanje na rezultat druge funkcije i sl.*),
3. ili je pak jednostavno zaboravio određeni dio govora i treba mu vremena da se prisjeti - ali odbija dati mikrofon ostalima (*deadlock*).

Ipak, u nekim *Stanovima*, *Stanari* su bolje organizirani i kupili su si *Ploču* za zid (*whiteboard*) na kojoj si zapisuju **kako će se izmjenjivati u govoru** jednom kad njihov *Stan* dobije *Mikrofon*.

- **Ploča** 📌 predstavlja *asyncio event loop*.

Jedan *Stan* može imati maksimalno jednu *Ploču* - tj. jedna dretva pokreće maksimalno jedan *asyncio event loop*

Mnogi *Stanovi* ne koriste *Ploče* - to su obične sinkrone dretve koje ne koriste asinkrono programiranje, pa samim time niti *event loop*

Na *Ploči*, *Stanari* čitaju pravila o tome kako će se izmjenjivati u govoru kada dobiju *Mikrofon*.

Primjer uputa koje pišu na *Ploči*:

- "Prvo ću reći ovo, zatim ću čekati 2 sekunde, pa ću reći ono drugo."
- "Ako netko počinje zamuckivati (*I/O* operacije), ja ću preuzeti mikrofon i reći svoj dio, a drugi će nastaviti kasnije."
- "Ako čekam na informacije potrebne da dovršim misao - dat ću mikrofon nekom drugom te nastaviti kad dobijem te informacije."
- "Kad završim, dat ću mikrofon natrag drugima da nastave."

Dokle god je *Mikrofon* u toj sobi, *Stanari* slijede upute na *Ploči* i izmjenjuju se u govoru.

Odnosno, dok se izvršava *dretva* unutar *Python procesa*, *event loop* učinkovito upravlja izvršavanjem *korutina* unutar te *dretve*.

- To je **konkurentno izvođenje**, a ne paralelno (***Mikrofon*** je samo jedan - ali se učinkovito **dijeli među *Stanarima***).

Međutim, *Mikrofon* ponekad može napustiti *Stan* i otići u drugi *Stan (dretva)* - o tome **ne odlučuju Stanari** u *Sobi*, već **Upravitelj Zgrade** (*Operacijski sustav*).

Ipak, ako stanovnici ove zgrade presporo govore *Python bytedom* na *Mikrofon* bez obzira što ga učinkovito dijele među sobom, može se sagraditi još jedna *Zgrada* (Python proces), s vlastitim **Mikrofonom**, **Stanovima**, **Pločama** i **Stanarima** - dakle novi proces koji se izvršava neovisno o prvoj *Zgradi*.

- To je **paralelno izvođenje** - kada nam dvije *Zgrade* rade nezavisno i međusobno surađuju, a imamo i dva *Mikrofona*.

Koncepti:

- **Zgrada** = Python proces
- **Stan** = Dretva (Thread)
- **Stanar** = Korutina (Coroutine)
- **Ploča** = Event Loop
- **Mikrofon** = GIL (Global Interpreter Lock)
- **Upravitelj zgrade** = Operacijski sustav
- **Više zgrada** = Više Python procesa (npr. `multiprocessing`)
- **Kućanski poslovi** = I/O operacije, mrežni zahtjevi, obrada podataka i sl.
- **Loša komunikacija** = Blocking, Deadlock

U praksi, *event loop* mehanizam se izvršava u pozadini i najčešće nećemo ručno upravljati njime. Pokretanjem `asyncio.run()` funkcije, u grubo, dešava se sljedeće:

1. Stvara se **novi event loop**.
2. **Pokreće** se *event loop* i izvršava se proslijeđena korutina (npr. `main()`).
3. U slučaju da postoji još raspoređenih korutina, *event loop* će ih izvršavati dokle god ima zadataka za obaviti.
4. Kada se korutina(e) dovrši(e), *event loop* se **zatvara** i svi resursi se oslobađaju.

Aktivni *event loop* možemo dohvatiti pomoću `asyncio.get_running_loop()` funkcije.

Sintaksa:

```
event_loop = asyncio.get_running_loop()
```

Vraća referencu na trenutno aktivni *event loop* objekt (ovisno o OS-u):

- (`<class 'asyncio.events._WindowsSelectorEventLoop'>` ili
- `<class 'asyncio.unix_events._UnixSelectorEventLoop'>`

Možemo "dokazati" da postoji aktivni *event loop* pokretanjem naše korutine `main()`:

```
import asyncio

async def main():
    event_loop = asyncio.get_running_loop()
    print(f'Trenutni aktivni event loop: {event_loop}')
    asyncio.run(main()) # pokretanje event loop-a
```

Uočite dodatne informacije o stanju *event loop*-a:

- `running=True`
- `closed=False`

Event loop **postoji** i **aktivan** je tijekom izvođenja korutine `main()`:

```
import asyncio

async def main():
    event_loop = asyncio.get_running_loop()
    print(f'Trenutni aktivni event loop: {event_loop}')
    asyncio.run(main())
    event_loop = asyncio.get_event_loop()
    print(f'Event loop nakon završetka main(): {event_loop}') # RuntimeError: There is no
    current event loop in thread 'MainThread'.
```

1.3 Konkurentno izvršavanje više korutina

Kako bismo iskoristili potencijal asinkronog programiranja i konkurentnog izvršavanja koda, moramo definirati i pokrenuti **više korutina** unutar *event loop*-a.

Za bolje razumijevanje, krenimo od **jednostavnog primjera sinkronog izvršavanja dvije funkcije**:

Primjer 1: Sinkrono izvođenje dvije funkcije koje simuliraju dohvaćanje podataka s različitim vremenom trajanja.

```
import time

def fetch_data(param): # primjer jednostavne funkcije koja simulira dohvaćanje podataka
    print(f"Nešto radim s {param}...")
    time.sleep(int(param)) # blokira glavni tok programa na param sekundi
    print(f'Dovršio sam s {param}.')
    return f'Rezultat za {param}"

def main():
    rezultat_1 = fetch_data(1)
    print("Fetch 1 uspješno završen.")
    rezultat_2 = fetch_data(2)
    print("Fetch 2 uspješno završen.")
    return [rezultat_1, rezultat_2]

if __name__ == '__main__':
```

```
rezultati = main() # pokretanje event loop-a
print(f'Rezultati: {rezultati}')
```

Pitanje 1: Kako će izgledati ispis nakon pokretanja gornjeg koda?

```
Nešto radim s 1...
Dovršio sam s 1.
Fetch 1 uspješno završen.
Nešto radim s 2...
Dovršio sam s 2.
Fetch 2 uspješno završen.
Rezultati: ['Rezultat za 1', 'Rezultat za 2']
```

Pitanje 2: Koliko je vremena potrebno da se program u potpunosti izvrši? Zašto?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Vrijeme možemo izmjeriti korištenjem istog `time` modula, definiranjem vremenskih oznaka prije i poslije poziva `main()` funkcije:

```
import time

t1 = time.perf_counter() # ili time.time(), ali time.perf_counter() je precizniji za benchmarking

rezultati = main()

t2 = time.perf_counter() # ili time.time(), ali time.perf_counter() je precizniji za benchmarking

print(f'Rezultati: {rezultati}')
print(f'Vrijeme izvršavanja: {t2 - t1} sekundi')
print(f'Vrijeme izvršavanja: {round(t2-t1, 2)} na 2 decimale') # ili bez round() funkcije, {t2 - t1:.2f}
```

Primjer 2: Asinkrono izvođenje dvije korutine koje simuliraju dohvaćanje podataka s različitim vremenom trajanja.

Idemo pokušati pretvoriti naše sinkrone funkcije u asinkrone korutine koristeći `async def`, `await` i `asyncio.sleep()`:

```
import asyncio

async def fetch_data(param):
```

```

print(f"Nešto radim s {param}...")
await asyncio.sleep(param)
print(f'Dovršio sam s {param}.')
return f'Rezultat za {param}"

async def main():
    task1 = fetch_data(1) # Može se awaitati i direktno
    task2 = fetch_data(2) # Može se awaitati i direktno
    print(type(task1)) # ?
    result1 = await task1
    print("Fetch 1 uspješno završen.")
    result2 = await task2
    print("Fetch 2 uspješno završen.")
    return [result1, result2]

results = asyncio.run(main()) # pokretanje event loop-a
print(results)

```

Dodajte mjerenje vremena kao u prethodnom primjeru i pokrenite kod. Koliko je vremena potrebno da se program u potpunosti izvrši? Zašto?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Pokretanjem gornjeg koda, `asyncio.run()` otvara **event loop**:

- *event loop* započinje izvršavanje `main()` korutine:
 - `task1` i `task2` su kreirani, ali još nisu pokrenuti (još nisu *awaitani*)
 - `await task1` pauzira `main()` korutinu i prebacuje kontrolu na *event loop* koji sada može pokrenuti `fetch_data(1)` korutinu
 - Pokretanjem `fetch_data(1)`, poziva se `await asyncio.sleep(1)`, što pauzira `fetch_data(1)` korutinu na 1 sekundu i vraća kontrolu natrag na *event loop*
 - Budući da *event loop* nema drugih zadataka za izvršavanje, čeka 1 sekundu dok korutina `asyncio.sleep(1)` ne završi, zatim ponovo pokreće `fetch_data(1)` korutinu
 - Završetkom `fetch_data(1)`, vraća se kontrola natrag na `main()` korutinu, koja nastavlja s izvršavanjem
- Isto se događa i za `task2`

Još jedan jednostavan primjer za razumijevanje osnovnog koncepta korutina i *event loop*-a.

```

import asyncio

async def fetch_data(): # primjer jednostavne korutine koja simulira dohvaćanje podataka
    print('Dohvaćam podatke...')
    data = {'iznos': '3000', 'stanje': 'uspješno'}
    await asyncio.sleep(2)

```

```

    print('Podaci dohvaćeni.')
    return data

async def main():
    data = await fetch_data()
    print(f'Podaci: {data}')

asyncio.run(main()) # pokretanje event loop-a

```

Što će se dogoditi kada pokrenemo kod iznad?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Međutim, što ako imamo više asinkronih funkcija koje želimo pokrenuti, a koje imaju **različite duljine trajanja/izvođenja**? U praksi to može biti slučaj kada dohvaćamo podatke s više različitih API-eva, gdje su neki API-evi brži, a neki sporiji.

Idemo simulirati takav primjer.

```

import asyncio

async def fetch_api_1():
    print('Dohvaćam podatke s API-ja 1...')
    await asyncio.sleep(2) # pauziraj fetch_api_1 korutinu, pokreni asyncio.sleep korutinu
    print('Podaci s API-ja 1 dohvaćeni.')
    return {'api_1': 'uspješno'}

async def fetch_api_2():
    print('Dohvaćam podatke s API-ja 2...')
    await asyncio.sleep(4) # pauziraj fetch_api_2 korutinu, pokreni asyncio.sleep korutinu
    print('Podaci s API-ja 2 dohvaćeni.')
    return {'api_2': 'uspješno'}

```

Kako ćemo definirati funkciju `main()` koja će pokrenuti obje asinkrone funkcije `fetch_api_1()` i `fetch_api_2()`?

Možemo pokušati na sljedeći način:

```

async def main(): # main korutina
    podaci_1 = await fetch_api_1() # pauziraj main korutinu, pokreni fetch_api_1 korutinu
    podaci_2 = await fetch_api_2() # pauziraj main korutinu, pokreni fetch_api_2 korutinu

    print(f'Podaci s API-ja 1: {podaci_1}')
    print(f'Podaci s API-ja 2: {podaci_2}')

asyncio.run(main()) # pokretanje event loop-a

```

Pokrenite kod, koliko je vremena potrebno da se dohvate svi podaci? Zašto?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Zaključak: Još uvijek nemamo konkurentno izvršavanje niti iskoristavamo prednosti `asyncio` 😞.

Ako se vratimo na ilustraciju *event loop*-a iz Sekcije 1.2., možemo vidjeti da postoje dva glavna zadatka prema *event loop*-u (*super-pojednostavljeni prikaz*):

1. **Scheduling** (raspoređivanje) korutina za izvršavanje
2. **Execution** (izvršavanje) korutina

Pozivanjem korutine na sljedeći način, mi ustvari radimo oba koraka jedan za drugim, tj. **raspoređujemo i odmah izvršavamo** korutinu `fetch_api_1()`, a tek nakon što se ona u potpunosti izvrši, raspoređujemo i izvršavamo `fetch_api_2()`.

```
podaci_1 = await fetch_api_1() # schedule and run
podaci_2 = await fetch_api_2() # schedule and run

# ili pohranom coroutine objekata pa njihovim awaitanjem
# identifično kao gore:
task1 = fetch_api_1() # pohrana coroutine objekta (ovo nije SCHEDULE!)
task2 = fetch_api_2() # pohrana coroutine objekta (ovo nije SCHEDULE!)
result1 = await task1 # schedule and run
result2 = await task2 # schedule and run (nakon što je task1 korutina u potpunosti
završena)
```

Ovaj problem možemo riješiti `Task` wrapper-ima koje `asyncio` nudi, a koji nam omogućuju da **rasporedimo (to schedule) više korutina za izvršavanje prije nego što ih zapravo pokrenemo**.

`Task` objekt predstavlja **zakazanu korutinu** (*scheduled*) koja je spremna za izvršavanje unutar *event loop*-a, a kao argument moramo proslijediti *coroutine objekt*.

Sintaksa:

```
task = asyncio.create_task(coroutine)
print(type(task)) # <class '_asyncio.Task'>
```

Dakle, dobivamo sljedeće:

```
task1 = asyncio.create_task(fetch_api_1()) # schedule fetch_api_1 korutinu
task2 = asyncio.create_task(fetch_api_2()) # schedule fetch_api_2 korutinu
```

`Task` objekte *awaitamo* jednako kao i korutine:

```
podaci_1 = await task1 # run fetch_api_1 korutinu
podaci_2 = await task2 # run fetch_api_2 korutinu (ili ne?)
```

Primjer 3: Konkurentno izvođenje dvije korutine koje simuliraju dohvaćanje podataka s različitim vremenom trajanja.

Idemo primijeniti `Task`-ove na naš primjer s dohvaćanjem podataka:

```
import asyncio, time

async def fetch_data(param):
    print(f"Nešto radim s {param}...")
    await asyncio.sleep(param)
    print(f'Dovršio sam s {param}.')
    return f'Rezultat za {param}"

async def main():
    task1 = asyncio.create_task(fetch_data(1)) #schedule
    task2 = asyncio.create_task(fetch_data(2)) #schedule
    result1 = await task1 # run!!!
    print("Fetch 1 uspješno završen.")
    result2 = await task2
    print("Fetch 2 uspješno završen.")
    return [result1, result2]

t1 = time.perf_counter()
results = asyncio.run(main()) # pokretanje event loop-a
t2 = time.perf_counter()
print(results)
print(f"Vrijeme izvođenja {t2 - t1:.2f} sekunde")
```

Pokrenite sljedeći kod i provjerite ispise i izračunajte koliko je vremena potrebno da se dohvate svi podaci?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Ipak, prema ispisu, vidimo da se `fetch_api_1()` i `fetch_api_2()` korutine pokreću **gotovo istovremeno**, dakle `fetch_data(2)` (`await task2`) ne čeka da se `fetch_data(1)` (`await task1`) u potpunosti izvrši prije nego što započne svoje izvršavanje, već se **obje korutine izvršavaju konkurentno** u *event loop-u*.

Naglasak je na riječi "gotovo" istovremeno (ali nikad istinski istovremeno) budući da će se ipak prije pokrenuti ona korutina koja je prva raspoređena (*scheduled*) unutar *event loop-a*.

Naredba `await` (`task2`) zapravo omogućuje developerima da preciziraju u kodu kada žele dobiti rezultat izvršavanja određene korutine, **ali to ne znači da se ta korutina neće pokrenuti prije nego što dođemo do `await` naredbe** - hoće ako je prethodno raspoređena (*scheduled*) unutar *event loop-a*.

Ovo nam omogućava konkurentno izvršavanje i učinkovitije iskorištavanje našeg CPU-vremena 🔥.

Primjer 4: Što se događa ako *awaitamo* taskove u drugačijem redoslijedu nego što su raspoređeni?

Pitanje koje nam se postavlja: Ako prvo *awaitamo* `task2`, a zatim `task1`, hoće li se redoslijed ispisa promijeniti?

```
import asyncio, time

async def fetch_data(param):
    print(f"Nešto radim s {param}...")
    await asyncio.sleep(param)
    print(f'Dovršio sam s {param}.')
    return f'Rezultat za {param}'

async def main():
    task1 = asyncio.create_task(fetch_data(1))
    task2 = asyncio.create_task(fetch_data(2))
    result2 = await task2 # awaitamo task2 prije task1
    print("Fetch 2 uspješno završen.")
    result1 = await task1
    print("Fetch 1 uspješno završen.")
    return [result1, result2]

t1 = time.perf_counter()
results = asyncio.run(main()) # pokretanje event loop-a
t2 = time.perf_counter()
print(results)
print(f"Vrijeme izvođenja {t2 - t1:.2f} sekunde")
```

Koji ispis očekujemo nakon pokretanja koda iznad?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Pomalo zbunjujuće, zar ne? Ipak, ispis je logičan kada se prisjetimo da se obje korutine raspoređuju pokretanjem *event loop-a*, a ne čekanjem na `await` naredbe.

Pokretanje samih korutina dešava se jednom kad korutina "preda" izvršavanje *event loop-u* - a to se **dogđa kod prvog `awaita`** unutar `main()` korutine.

- naredba `await task2` će stopirati izvršavanje `main()` korutine i prepustiti izvršavanje *event loop-u*.
- ipak, *event loop* će pokrenuti korutine **onim redoslijedom kojim su raspoređene** (prvo `task1`, zatim `task2`) - zato prvo imamo ispis "Nešto radim s 1..."
- međutim, "Fetch 2 uspješno završen" **se ispisiuje prije** "Fetch 1 uspješno završen" jer je `task_2` prije *awaitan* nego `task_1` (bez obzira što traje duže!)

U prilogu repozitorija RS3 možete pronaći animacije s ovim primjerima za bolje razumijevanje *event loop-a*. Izvor: Corey Schafer - [Complete Guide to Asynchronous Programming with Animations](#)

Primjer 5: Što ako *awaitamo* samo jednu korutinu, a rasporedimo više korutina u event loop?

Rasporedili smo dvije korutine:

1. `task1` koji *wrappa* corutine objekt `fetch_data(1)`
2. `task2` koji *wrappa* corutine objekt `fetch_data(2)`

Awaitati ćemo samo `task2`, što se događa s `task1`?

```
import asyncio, time

async def fetch_data(param):
    print(f"Nešto radim s {param}...")
    await asyncio.sleep(param)
    print(f'Dovršio sam s {param}.')
    return f'Rezultat za {param}'

async def main():
    task1 = asyncio.create_task(fetch_data(1)) # schedule
    task2 = asyncio.create_task(fetch_data(2)) #schedule
    result2 = await task2
    print("Fetch 2 uspješno završen.")
    return [result2]

t1 = time.perf_counter()
results = asyncio.run(main()) # pokretanje event loop-a
t2 = time.perf_counter()
print(results)
print(f"Vrijeme izvođenja {t2 - t1:.2f} sekunde")
```

Koji ispis očekujemo nakon pokretanja koda iznad?

```
Nešto radim s 1...
Nešto radim s 2...
Dovršio sam s 1.
Dovršio sam s 2.
Fetch 2 uspješno završen.
['Rezultat za 2']
Vrijeme izvođenja 2.00 sekunde
```

Uočite sljedeće:

- *event loop* će pokrenuti obje korutine (`task1` i `task2`) jer su obje raspoređene, pokrenut će ih onim redoslijedom kojim su raspoređene
- obje korutine će se izvršiti bez obzira što nismo *awaitali* `task1`
- trajanje korutine `fetch_data(2)` dulje je za sekundu od `fetch_data(1)` - obje će se izvršiti do kraja, a nakon toga će se zatvoriti *event loop*

Ipak, ako *awaitamo* korutinu `fetch_data(1)` koja traje kraće, a ne *awaitamo* `fetch_data(2)`, što se događa?

```
async def main():
    task1 = asyncio.create_task(fetch_data(1)) # schedule
    task2 = asyncio.create_task(fetch_data(2)) #schedule
    result1 = await task1
    print("Fetch 1 uspješno završen.")
    return [result1]
```

Koji ispis očekujemo nakon pokretanja koda iznad?

```
Nešto radim s 1...
Nešto radim s 2...
Dovršio sam s 1.
Fetch 1 uspješno završen.
['Rezultat za 1']
Vrijeme izvođenja 1.00 sekunde
```

- Fetch 1 uspješno završen. se ispisuje nakon što se `fetch_data(1)` korutina dovrši
- Međutim, `fetch_data(2)` korutina se pokreće, ali se ne dovršava prije nego što se zatvori *event loop*
- Zatvaranjem *event loop*a, sve pokrenute korutine (*pending tasks*) se prekidaju i ne dovršavaju
- U našem slučaju, *event loop* se zatvara budući da je `main()` korutina dovršena nakon što se *awaita* `task1`, a nema drugih *awaitanih* korutina koje bi držale *event loop* aktivnim
- Iz tog razloga ne vidimo ispis `Dovršio sam s 2.` niti rezultat `fetch_data(2)`

1.4 Konkurentno izvršavanje s `asyncio.gather()`

Konkurentno izvršavanje možemo postići i funkcijom `asyncio.gather()` koja omogućuje pokretanje **više korutina konkurentno bez nužnog definiranja *Taskova***. Ova funkcija prima više korutina objekata kao argumente te ih pokreće "istovremeno" (**konkurentno**).

Sintaksa:

```
asyncio.gather(coroutine_object1, coroutine_object2, ... coroutine_objectN)
asyncio.gather(*coroutine_objects)
```

- `*coroutine_objects` - argumenti su asinkrone funkcije koje želimo pokrenuti
- **Unpacking** operator `*` se koristi za raspakiravanje liste ili n-torke objekata u pojedinačne argumente funkcije (*slično kao spread operator ... u JavaScriptu*)

```

async def main():
    podaci_1, podaci_2 = await asyncio.gather(fetch_api_1(), fetch_api_2())

    print(f'Podaci s API-ja 1: {podaci_1}')
    print(f'Podaci s API-ja 2: {podaci_2}')

```

Pokrenite kod, koliko je vremena potrebno da se dohvate svi podaci? Zašto?

► Spoiler alert! Odgovor na pitanje

Primjer: Definirat ćemo korutinu `timer()` koja će simulirati otkucaje timera svake sekunde. Korutina `timer` prima 2 argumenta: naziv timera i broj sekundi koliko će trajati, a zatim svake sekunde ispisuje preostalo vrijeme.

```

import asyncio

async def timer(name, delay):
    for i in range(delay, 0, -1):
        print(f'{name}: {i} sekundi preostalo...')
        await asyncio.sleep(1)
    print(f'{name}: Vrijeme je isteklo!')

async def main():
    await asyncio.gather( # pokrećemo dvije korutine konkurentno
        timer('Timer 1', 3),
        timer('Timer 2', 5)
    )

asyncio.run(main())

```

Pokrenite kod i provjerite ispis.

Rezultat izvođenja:

```

Timer 1: 3 sekundi preostalo...
Timer 2: 5 sekundi preostalo...
Timer 1: 2 sekundi preostalo...
Timer 2: 4 sekundi preostalo...
Timer 1: 1 sekundi preostalo...
Timer 2: 3 sekundi preostalo...
Timer 1: Vrijeme je isteklo!
Timer 2: 2 sekundi preostalo...
Timer 2: 1 sekundi preostalo...
Timer 2: Vrijeme je isteklo!

```

Osim korutina, `asyncio.gather()` može primiti i *Task* objekte kao argumente. Međutim, nije potrebno prethodno kreirati *Task* objekte ako koristimo `asyncio.gather()`.

```
async def main():
    task1 = asyncio.create_task(timer('Timer 1', 3))
    task2 = asyncio.create_task(timer('Timer 2', 5))

    await asyncio.gather(task1, task2) # pokrećemo dvije korutine konkurentno
asyncio.run(main())
```

Primjer 1.3.3 također možemo napisati koristeći `asyncio.gather()`:

```
import asyncio, time

async def fetch_data(param):
    print(f"Nešto radim s {param}...")
    await asyncio.sleep(param)
    print(f'Dovršio sam s {param}.')
    return f"Rezultat za {param}"

async def main():
    task1 = asyncio.create_task(fetch_data(1))
    task2 = asyncio.create_task(fetch_data(2))
    rezultati = await asyncio.gather(task1, task2) # rezultati - pohranjuje listu
    rezultata korutina
    return [result1, result2]

t1 = time.perf_counter()
results = asyncio.run(main())
t2 = time.perf_counter()
print(results)
print(f"Vrijeme izvođenja {t2 - t1:.2f} sekunde")
```

1.5 Konkurentno izvođenje kroz `asyncio.gather()` i `asyncio.create_task()`

Možemo kombinirati prethodne primjere korištenjem `asyncio.create_task()` i `asyncio.gather()`.

Primjer 1: Želimo definirati jednu korutinu `korutina(n)` koja će čekati jednu sekundu, a zatim vratiti poruku o završetku izvođenja.

```
import asyncio

async def korutina(n):
    await asyncio.sleep(1)
    return f'Korutina {n} je završila.'
```

U `main()` funkciji ćemo pohraniti 5 korutina u listu `tasks`. Drugim riječima, želimo pohraniti 5 `Task` objekata koji će izvršavati korutine `korutina(n)`, za `n` od 1 do 5.

```
async def main():
    tasks = []

    for i in range(1, 6):
        task = asyncio.create_task(korutina(i))
        tasks.append(task)

    print(tasks) # ispis svih referenci na Task objekte

asyncio.run(main())
```

Kako ovo možemo napraviti elegantnije? `list comprehension` nam može pomoći.

```
async def main():
    tasks = [asyncio.create_task(korutina(i)) for i in range(1, 6)]
    print(tasks) # ispis svih referenci na Task objekte

asyncio.run(main())
```

Za pokretanje svih korutina konkurentno, ne želimo pozivati `await task` za svaki `Task` objekt.

Dakle, **sljedeće nije najbolje rješenje:**

```

async def main():
    tasks = [asyncio.create_task(korutina(i)) for i in range(1, 6)]

    for task in tasks: # awaitaj task za svaki Task objekt unutar tasks liste
        await task

    print('Sve korutine su završile.')

asyncio.run(main())

```

Zašto? Nigdje ne pohranjujemo rezultate korutina, već samo čekamo na njihov završetak.

Možemo riješiti na sljedeći način:

```

async def main():
    tasks = [asyncio.create_task(korutina(i)) for i in range(1, 6)]

    results = []

    for task in tasks:
        results.append(await task) # čekamo na završetak svake korutine i pohranjujemo
        rezultat

    print(results)

asyncio.run(main())

```

Međutim, puno elegantnije rješenje je koristiti `asyncio.gather()`.

- `asyncio.gather()` osim korutina može primiti i `Task` objekte
- možemo proslijediti jedan ili više `Task` objekata na isti način kao i korutine: `await asyncio.gather(task_1, task_2, task_3)`
- međutim, možemo proslijediti i listu korutina ili `Task` objekata s operatorom `*`: `await asyncio.gather(*tasks)`

```

async def main():
    tasks = [asyncio.create_task(korutina(i)) for i in range(1, 6)]
    results = await asyncio.gather(*tasks)
    print(results)

asyncio.run(main())
# Ispisuje: ['Korutina 1 je završila.', 'Korutina 2 je završila.', 'Korutina 3 je
završila.', 'Korutina 4 je završila.', 'Korutina 5 je završila.']

```

Na ovaj način, `asyncio.gather(*tasks)` čeka na završetak svih korutina i vraća **listu rezultata izvođenja korutina**.

Pogledat ćemo još nekoliko jednostavnih primjera i mjeriti vrijeme izvođenja programa koristeći `time` modul.

Primjer 2: Definirat ćemo korutinu koja će nakon određenog vremena ispisati poruku.

```
import asyncio
import time

async def kaži_nakon(delay, poruka):
    await asyncio.sleep(delay)
    print(poruka)

async def main():
    print (f"Početak: {time.strftime('%X')}")

    await kaži_nakon(1, 'Pozdraaav!')
    await kaži_nakon(2, 'Kako si?')

    print (f"Kraj: {time.strftime('%X')}")

asyncio.run(main())
```

Ako pokrenemo program u ovom obliku u 11:00:00, što će biti ispisano?

```
Početak: 11:00:00
Pozdraaav!
Kako si?
Kraj: 11:00:03
```

Isto možemo pretočiti u `Task` objekte:

```
async def main():
    print (f"Početak: {time.strftime('%X')}")

    task1 = asyncio.create_task(kaži_nakon(1, 'Pozdraaav!'))
    task2 = asyncio.create_task(kaži_nakon(2, 'Kako si?'))

    await task1
    await task2

    print (f"Kraj: {time.strftime('%X')}")

asyncio.run(main())
```

ili koristeći `asyncio.gather()`:


```

async def main():
    print (f"Početak: {time.strftime('%X')}")

    task1 = asyncio.create_task(kaži_nakon(1, 'Pozdraaav!'))
    task2 = asyncio.create_task(kaži_nakon(2, 'Kako si?'))

    await asyncio.gather(task1, task2)

    print (f"Kraj: {time.strftime('%X')}")

asyncio.run(main())

```

Rezultat:

```

Početak: 11:00:00
Pozdraaav!
Kako si?
Kraj: 11:00:02

```

Primjer 3: Idemo vidjeti kako možemo na isti način koristiti `asyncio.gather()` za pozivanje prethodne korutine `Timer(name, delay)` koja simulira otkucaje timera svake sekunde. Korutinu želimo pokrenuti 3 puta s različitim vremenima trajanja. Potrebno je definirati `Task` objekte i pohraniti ih u listu `tasks`, a zatim koristiti `asyncio.gather()` za pokretanje svih korutina konkurentno.

```

import asyncio

async def timer(name, delay):
    for i in range(delay, 0, -1):
        print(f'{name}: {i} sekundi preostalo...')
        await asyncio.sleep(1)
    print(f'{name}: Vrijeme je isteklo!')

async def main():
    timers = [
        asyncio.create_task(timer('Timer 1', 3)),
        asyncio.create_task(timer('Timer 2', 5)),
        asyncio.create_task(timer('Timer 3', 7))
    ]

    await asyncio.gather(*timers)

asyncio.run(main())

```

2. Zadaci za vježbu - Korutine, Task objekti, gather metoda, event loop

1. **Definirajte korutinu koja će simulirati dohvaćanje podataka s weba.** Podaci neka budu lista brojeva od 1 do 10 koju ćete vratiti nakon 3 sekunde. Listu brojeva definirajte comprehensionom. Nakon isteka vremena, u korutinu ispišite poruku "Podaci dohvaćeni." i vratite podatke. Riješite bez korištenja `asyncio.gather()` i `asyncio.create_task()` funkcija.
2. **Definirajte dvije korutine koje će simulirati dohvaćanje podataka s weba.** Prva korutina neka vrati listu proizvoljnih rječnika (npr. koji reprezentiraju podatke o korisnicima) nakon 3 sekunde, a druga korutina neka vrati listu proizvoljnih rječnika (npr. koji reprezentiraju podatke o proizvodima) nakon 5 sekundi. Korutine pozovite konkurentno korištenjem `asyncio.gather()` i ispišite rezultate. Program se mora izvršavati ~5 sekundi.
3. **Definirajte korutinu `autentifikacija()` koja će simulirati autentifikaciju korisnika na poslužiteljskoj strani.** Korutina kao ulazni parametar prima rječnik koji opisuje korisnika, a sastoji se od ključeva `korisnicko_ime`, `email` i `lozinka`. Unutar korutine simulirajte provjeru korisničkog imena na način da ćete provjeriti nalaze li se par `korisnicko_ime` i `email` u bazi korisnika. Ova provjera neka traje ~3 sekunde (simulacija upita prema bazi podataka u Cloudu).

```
baza_korisnika = [  
    {'korisnicko_ime': 'mirko123', 'email': 'mirko123@gmail.com'},  
    {'korisnicko_ime': 'ana_anic', 'email': 'aanic@gmail.com'},  
    {'korisnicko_ime': 'maja_0x', 'email': 'majaaaaa@gmail.com'},  
    {'korisnicko_ime': 'zdeslav032', 'email': 'deso032@gmail.com'}  
]
```

Ako se korisnik ne nalazi u bazi, vratite poruku `"Korisnik {korisnik} nije pronađen."`

Ako se korisnik nalazi u bazi, potrebno je pozvati vanjsku korutinu `autorizacija()` koja će simulirati autorizaciju korisnika u trajanju od 2 sekunde. Funkcija kao ulazni parametar prima rječnik korisnika iz baze i lozinku proslijeđenu iz korutine `autentifikacija()`. Autorizacija simulira dekripciju lozinke (samo provjerite podudaranje stringova) i provjeru s lozinkom iz `baza_lozinka`. Ako su lozinke jednake, korutine vraća poruku `"Korisnik {korisnik}: Autorizacija uspješna."`, a u suprotnom `"Korisnik {korisnik}: Autorizacija neuspješna."`.

```
baza_lozinka = [  
    {'korisnicko_ime': 'mirko123', 'lozinka': 'lozinka123'},  
    {'korisnicko_ime': 'ana_anic', 'lozinka': 'super_teska_lozinka'},  
    {'korisnicko_ime': 'maja_0x', 'lozinka': 's324SDFfdsj234'},  
    {'korisnicko_ime': 'zdeslav032', 'lozinka': 'deso123'}  
]
```

Korutinu `autentifikacija()` pozovite u `main()` funkciji s proizvoljnim korisnikom i lozinkom.

4. **Definirajte korutinu `provjeri_parnost` koja će simulirati "super zahtjevnu operaciju" provjere parnosti** broja putem vanjskog API-ja. Korutina prima kao argument broj za koji treba provjeriti parnost, a vraća poruku `"Broj {broj} je paran."` ili `"Broj {broj} je neparan."` nakon 2 sekunde. Unutar `main` funkcije definirajte listu 10 nasumičnih brojeva u rasponu od 1 do 100 (možete koristiti `random` modul). Listu brojeva izgradite kroz list comprehension sintaksu. Nakon toga, pohranite u listu `zadaci` 10 `Task` objekata koji će izvršavati korutinu `provjeri_parnost` za svaki broj iz liste (također kroz list comprehension). Na kraju, koristeći `asyncio.gather()`, pokrenite sve korutine konkurentno i ispišite rezultate.
5. **Definirajte korutinu `secure_data` koja će simulirati enkripciju osjetljivih podataka.** Kako se u praksi enkripcija radi na poslužiteljskoj strani, korutina će simulirati enkripciju podataka u trajanju od 3 sekunde. Korutina prima kao argument rječnik osjetljivih podataka koji se sastoji od ključeva `prezime`, `broj_kartice` i `cvv`. Definirajte listu s 3 rječnika osjetljivih podataka. Pohranite u listu `zadaci` kao u prethodnom zadatku te pozovite zadatke koristeći `asyncio.gather()`. Korutina `secure_data` mora za svaki rječnik vratiti novi rječnik u obliku: `{'prezime': 'prezime', 'broj_kartice': 'enkriptirano', 'cvv': 'enkriptirano'}`. Za *fake* enkripciju koristite funkciju `hash(str)` koja samo vraća hash vrijednost ulaznog stringa ili nešto slično.
6. **Kako možete unutar `main` korutine natjerati *event loop* da obuhvati ispis unutar korutine `fetch_data(2)` bez da ju *awaitate* unutar `main` funkcije?** Preciznije, dokažite kako se može ispisati tekst `Dovršio sam s 2.` unutar korutine `fetch_data(2)` bez da eksplicitno pozivate `await task2` unutar `main()` funkcije.

```
import asyncio, time

async def fetch_data(param):
    print(f"Nešto radim s {param}...")
    await asyncio.sleep(param)
    print(f'Dovršio sam s {param}.')
    return f'Rezultat za {param}'

async def main():
    task1 = asyncio.create_task(fetch_data(1)) # schedule
    task2 = asyncio.create_task(fetch_data(2)) #schedule
    result1 = await task1
    print("Fetch 1 uspješno završen.")
    return [result1]

t1 = time.perf_counter()
results = asyncio.run(main()) # pokretanje event loop-a
t2 = time.perf_counter()
print(results)
print(f"Vrijeme izvođenja {t2 - t1:.2f} sekunde")
```

7. **Objasnite korak po korak kako se ponaša *event loop*** (kako se raspoređuju, izvršavaju i dovršavaju korutine te koja su njihova stanja u različitim fazama izvođenja) na sljedećem primjeru:

```
import asyncio

async def timer(name, delay):
    for i in range(delay, 0, -1):
        print(f'{name}: {i} sekundi preostalo...')
        await asyncio.sleep(1)
    print(f'{name}: Vrijeme je isteklo!')

async def main():
    timers = [
        asyncio.create_task(timer('Timer 1', 3)),
        asyncio.create_task(timer('Timer 2', 5)),
        asyncio.create_task(timer('Timer 3', 7))
    ]

    await asyncio.gather(*timers)

asyncio.run(main())
```