

Da neofita di Python a campione

Corso di Python per tutti

Antonio Montano

2024-05-24

Indice

Prefazione	1
I. Prima parte: I fondamenti della programmazione	3
1. I linguaggi di programmazione, i programmi e i programmatori	5
1.1. Definizioni	5
1.2. Linguaggi naturali e di programmazione	5
1.3. Algoritmi	6
1.3.1. Rappresentazione	6
1.3.2. Generazione	8
1.3.3. Metodologia di Polya	9
1.4. Dal codice sorgente all'esecuzione	11
1.5. Ciclo di vita del software	12
2. I paradigmi di programmazione	15
2.1. L'importanza dei paradigmi di programmazione	15
2.2. Il paradigma imperativo	16
2.2.1. Esempio in assembly	16
2.2.2. Esempio in Python	18
2.2.3. Analisi comparativa	18
2.3. Il paradigma procedurale	19
2.3.1. Funzioni e procedure	20
2.3.2. Creazione di librerie	20
2.4. Il paradigma di orientamento agli oggetti	23
2.4.1. Esempio in Java	24
2.4.2. Template	27
2.4.3. Metaprogrammazione	29
2.5. Il paradigma dichiarativo	30
2.5.1. Linguaggi	31
2.5.2. Esempio in SQL	32
2.5.3. Esempio in Prolog	32
2.6. Il paradigma funzionale	32
2.6.1. Linguaggi	34
2.6.2. Esempio in Haskell	34
3. La sintassi dei linguaggi di programmazione	35
3.1. I token	35
3.2. L'analizzatore lessicale e il parser	37
3.3. Le espressioni	37
3.4. Le istruzioni semplici	38
3.5. Le istruzioni composte e i blocchi di codice	40
3.6. L'organizzazione delle istruzioni in un programma	46

4. La semantica dei linguaggi di programmazione	49
4.1. Tipi di semantica	49
4.1.1. Semantica statica	49
4.1.2. Semantica dinamica	50
4.1.3. Semantica operativa	50
4.1.4. Semantica denotazionale	51
4.1.5. Semantica assiomatica	52
4.2. Elementi semantici fondamentali	53
4.2.1. 3. Espressioni e operatori	54
4.2.2. 4. Controllo del flusso	54
4.2.3. 5. Funzioni e procedure	55
4.2.4. 6. Gestione della memoria	55
4.2.5. 7. Sistemi di tipi	55
4.2.6. 8. Programmazione orientata agli oggetti	55
4.2.7. 9. Programmazione asincrona	56
4.2.8. 10. Modularità e organizzazione del codice	56
4.2.9. 11. Metaprogrammazione	56
4.2.10. 12. Concorrenza e parallelismo	56
4.2.11. 13. Programmazione orientata agli aspetti	56
5. La variabile	57
5.0.1. La dichiarazione e la inizializzazione	57
5.0.2. L'ambito	58
5.0.3. La visibilità	59
5.0.4. La durata di vita degli oggetti	61
6. Lo spazio di nomi, il modulo e il file	63
6.0.1. Python	63
6.0.2. Java	63
6.0.3. C	64
6.0.4. C++	65
6.0.5. Impatti	66
6.0.6. La variabile e il tipo di dato	67
6.0.7. Altri aspetti delle variabili	68
6.0.8. Il tipo di dato e l'inferenza di tipo	68
6.0.9. Il modello dati	69
6.0.10. Esempi di tipi semplici, contenitori e classi	69
6.0.11. Il modello dati	69
6.0.12. Esempi di tipi semplici, contenitori e classi	70
6.0.13. Espressioni e valutazione	71
6.0.14. Controllo del flusso	71
6.0.15. Gestione della memoria	71
6.0.16. Funzioni e procedure	72
6.0.17. Programmazione asincrona	73
6.0.18. Sistemi di tipi	73
7. La funzione	75
7.1. Dichiarazione	75
7.2. Il parametro e l'argomento	75
7.3. Il valore di ritorno	76

7.4.	Ambito e visibilità	76
7.4.1.	Ambito	76
7.4.2.	Visibilità	77
7.4.3.	Differenze tra funzioni con variabili e oggetti	78
7.5.	La ricorsione	78
7.6.	La funzione in prima classe	79
7.6.1.	Implementazione in linguaggi di programmazione	79
7.6.2.	La funzione di ordine superiore	82
7.6.3.	L'applicazione parziale	83
7.6.4.	Il decoratore	84
7.6.5.	La funzione di richiamo	88
7.6.6.	La lambda	89
7.6.7.	Chiusure	91
8.	Il modello dati dei linguaggi di programmazione	97
8.1.	Linguaggi procedurali	98
8.2.	Linguaggi orientati agli oggetti	100
8.2.1.	Oggetti	101
8.2.2.	Classi	101
8.2.3.	Prototipi	101
8.2.4.	Esempi di gerarchie di classi e prototipi	102
8.2.5.	Ereditarietà	103
8.2.6.	Interfacce e classi astratte	104
8.2.7.	Polimorfismo	106
8.2.8.	Altri concetti	109
9.	Altri concetti semantici dei linguaggi di programmazione	113
9.1.	Concorrenza	113
9.2.	Input/Output (I/O)	113
9.3.	Annotazioni e Metadati	114
9.4.	Macro e Metaprogrammazione	114
10.	L'Impatto dell'intelligenza artificiale generativa sulla programmazione	115
10.1.	Attività del programmatore con l'IA Generativa	115
10.2.	L'Importanza di imparare a programmare nell'era dell'IA generativa	115
II.	Seconda parte: Le basi di Python	117
11.	Introduzione a Python	119
11.1.	Perché Python è un linguaggio di alto livello?	120
11.2.	Python come linguaggio multiparadigma	120
11.3.	Regole formali e esperienziali	121
11.4.	L'ecosistema	121
11.4.1.	L'interprete	121
11.4.2.	L'ambiente di sviluppo	122
11.4.3.	Le librerie standard	122
11.4.4.	Moduli di estensione	123
11.4.5.	Le utility e gli strumenti aggiuntivi	123
11.5.	Un esempio di algorimo in Python: il bubble sort	123

12. Scaricare e installare Python	131
12.1. Scaricamento	131
12.2. Installazione	131
12.3. Esecuzione del primo programma: “Hello, World!”	131
12.3.1. REPL	132
12.3.2. Interprete	132
12.4. Windows	132
12.5. macOS	133
12.6. Linux	134
12.6.1. IDE	134
12.7. IDLE	134
12.8. PyCharm	135
12.9. Visual Studio Code	135
12.9.1. Esecuzione nel browser	135
12.10 Repl.it	136
12.11 Google Colab	136
12.12 PyScript	136
12.12.1 Jupyter Notebook	137
12.13 Uso locale	137
12.14 JupyterHub	137
12.15 Binder	138
13. La sintassi	139
13.1. Premessa	139
13.1.1. Elementi semantici	139
13.1.2. Le funzioni <code>print()</code> e <code>help()</code>	139
13.2. Righe	140
13.3. Commenti	141
13.4. Indentazione	142
13.5. Token	143
13.5.1. Identificatori	143
13.5.2. Parole chiave	144
13.5.3. Classi riservate di identificatori	147
13.5.4. Operatori	149
13.5.5. Delimitatori	151
13.5.6. Letterali	153
14. Il modello dati	157
14.1. Elementi di programmazione orientata agli oggetti	157
14.1.1. Tipi e classi	157
14.1.2. Creazione di oggetti	159
14.1.3. Accesso a attributi e metodi	160
14.1.4. Gerarchie di classi	160
14.1.5. Mutabilità e immutabilità	161
14.1.6. Tipi hashable	163
14.1.7. Eliminazione	163
14.2. Tipi predefiniti	163
14.2.1. Tipi predefiniti fondamentali	164
14.2.2. Numeri	164
14.2.3. Sequenze	166

14.2.4. Liste	173
14.2.5. Insiemi	176
14.2.6. Mappature	178
14.2.7. None	181
14.2.8. Ellissi	181
15. Istruzioni	183
15.1. Istruzione di gestione identificatori	183
15.1.1. Assegnamenti	183
15.1.2. Importazione di moduli	184
15.2. Istruzioni di controllo di flusso	185
15.2.1. Istruzione di esecuzione condizionale	185
15.2.2. Istruzione di pattern matching	187
15.3. Cicli	198
15.3.1. Istruzione while	198
15.3.2. Istruzione for	199
15.3.3. Iteratori e iterabili	200
15.3.4. La funzione range	201
15.3.5. Spacchettamento nei cicli for	202
15.4. Comprensioni	203
15.4.1. Liste	203
15.4.2. Insiemi	204
15.4.3. Dizionari	204
15.5. Gestione anomalie	204
15.5.1. Istruzioni try e raise	204
15.5.2. Istruzione di controllo condizioni anomale	205
15.6. Altre istruzioni	205
15.6.1. Istruzione pass	205
15.6.2. Istruzione with	206
15.6.3. Istruzioni di ritorno	207
15.6.4. Modificatori di ambito	208
15.6.5. Alias di tipo	209
15.6.6. Eliminazione di identificatori e elementi in contenitori	209
16. Funzioni	213
16.1. Definizione delle funzioni	214
16.2. Parametri	215
16.2.1. Parametri posizionali	216
16.2.2. Parametri nominati	216
16.2.3. Marcatore di parametri posizionali	217
16.2.4. Collettori di argomenti	218
16.2.5. Valori predefiniti mutabili	220
16.3. Attributi	221
16.3.1. __name__	221
16.3.2. __defaults__	221
16.3.3. Docstring	222
16.4. Annotazioni	223
16.5. L'Istruzione return	224
16.6. Chiamate	225
16.6.1. Argomenti	225

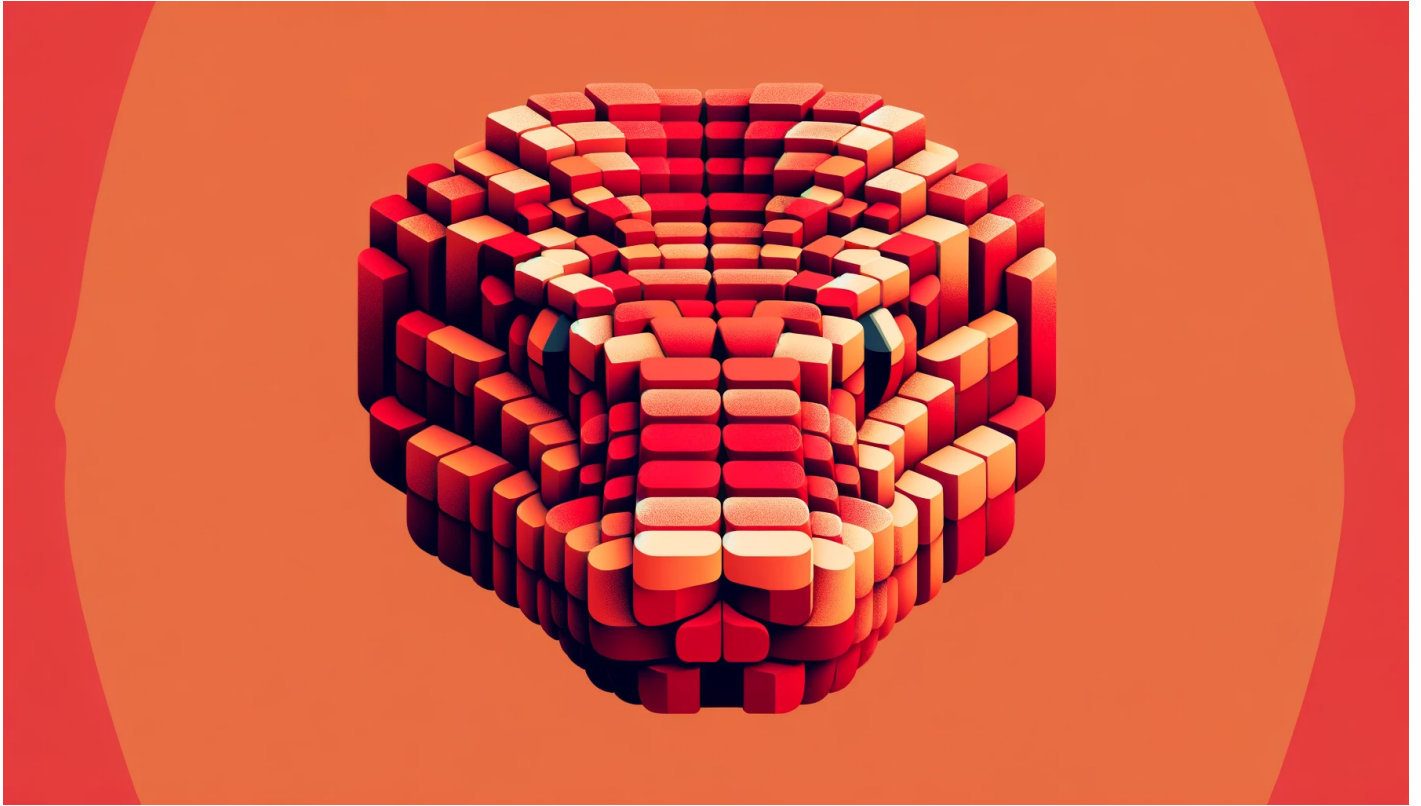
16.6.2. Associazione degli argomenti ai parametri	226
16.7. Spazi di nomi	228
16.7.1. L'istruzione <code>global</code>	229
16.7.2. Funzioni annidate e ambiti annidati	229
16.8. Espressioni <code>lambda</code>	231
17. Esercizi	233
17.1. Python come calcolatrice	233
17.1.1. Numeri interi e in virgola mobile	234
17.2. Problema	234
17.3. Soluzione	234
17.3.1. Stringhe	235
17.4. Problema	235
17.5. Soluzione	235
17.5.1. Espressioni	236
17.6. Problema	236
17.7. Soluzione	236
17.8. Numeri pari o dispari	237
17.8.1. Riscaldamento	237
17.9. Problema	237
17.10. Soluzione	237
17.10.1. Svolgimento	237
17.11. Problema	237
17.12. Soluzione 1	237
17.13. Soluzione 2	238
17.14. Soluzione 3	238
17.15. Soluzione 4	239
17.16. Rimozione di duplicati da una lista preservando l'ordinamento	239
17.17. Problema	239
17.18. Soluzione 1	239
17.19. Soluzione 2	240
17.20. Soluzione 3	240
17.21. Soluzione 4	241
17.22. Rimozione di duplicati da una lista e ordinamento	241
17.23. Problema	241
17.24. Soluzione 1	241
17.25. Soluzione 2	242
17.26. Soluzione 3	242
17.27. Soluzione 4	243
17.28. Calcolo del fattoriale di un numero	243
17.29. Problema	243
17.30. Soluzione 1	243
17.31. Soluzione 2	244
17.32. Soluzione 3	244
17.33. Soluzione 4	245
17.34. Contare le parole in una frase in modo semplificato	245
17.35. Problema	245
17.36. Soluzione 1	245
17.37. Soluzione 2	246
17.38. Soluzione 3	246

17.39. Soluzione 4	247
17.40. Contare le parole in una frase con esattezza	247
17.41Problema	247
17.42Soluzione 1	247
17.43Soluzione 2	248
17.44Soluzione 3	249
17.45Soluzione 4	249
17.46. Creazione e gestione di file	250
17.46.1.Creazione di file di testo	250
17.47Problema	250
17.48Soluzione 1	250
17.49Soluzione 2	251
17.49.1.Creazione di file JSON	251
17.50Problema	251
17.51Soluzione 1	251
17.52Soluzione 2	252
17.52.1Lettura di file JSON	252
17.53Problema	252
17.54Soluzione	253
17.54.1.Creazione e gestione di cartelle e file	254
17.55Problema	254
17.56Soluzione	254
17.57. Espressioni regolari	255
17.57.1.Verifica di indirizzi email	255
17.58Problema	255
17.59Soluzione	256
17.59.1.Estrazione di numeri di telefono	256
17.60Problema	256
17.61Soluzione	256
17.62. Interazione con SQLite3	257
17.62.1.Creazione di un database e una tabella	257
17.63Problema	257
17.64Soluzione	257
17.64.1Inserimento di dati nella tabella	258
17.65Problema	258
17.66Soluzione	258
17.66.1Lettura di dati dalla tabella	258
17.67Problema	258
17.68Soluzione	258
17.68.1Aggiornamento di dati nella tabella	259
17.69Problema	259
17.70Soluzione	259
17.70.1Eliminazione di dati dalla tabella	260
17.71Problema	260
17.72Soluzione	260
18. Esercitazione 1: analisi di un dataset di vendite	261
18.1. Il problema	261
18.2. Introduzione a pandas	261
18.2.1. Installazione	261

18.2.2. Importazione della libreria	262
18.2.3. Il <code>DataFrame</code>	262
18.2.4. Ispezione	263
18.2.5. Filtri, raggruppamenti, pivot	264
18.2.6. Modifica	265
18.2.7. Salvataggio	265
18.3. La soluzione	266
18.3.1. Passaggio 1: caricamento del dataset	266
18.3.2. Passaggio 2: gestione dei dati mancanti	266
18.3.3. Passaggio 3: operazioni di filtro	266
18.3.4. Passaggio 4: operazioni di raggruppamento e somma	267
18.3.5. Passaggio 5: operazione di pivot	267
18.3.6. Passaggio 6: visualizzazione con grafici	267
18.4. File	268
III. Terza parte: Python orientato agli oggetti	269
19. Programmazione orientata agli oggetti	271
19.1. Classi e istanze	271
19.1.1. L'istruzione <code>class</code>	271
19.1.2. Il parametro <code>self</code>	272
19.2. Membri	273
19.3. Oggetti	275
19.4. Il corpo della classe	278
19.4.1. Attributi degli oggetti classe	278
19.4.2. Definizioni di funzioni nel corpo di una classe	280
19.4.3. Variabili private della classe	281
19.4.4. Stringhe di documentazione della classe	282
19.5. Istanze	282
19.5.1. <code>__init__</code>	283
19.5.2. Membri degli oggetti istanza	283
19.6. Metodi vincolati e non vincolati	284
19.7. Ereditarietà	285
19.8. Metodi speciali	285
19.9. Metodi di classe e metodi statici	286
19.9.1. Metodi statici	286
19.9.2. Metodi di classe	287
19.9.3. Differenza tra metodi statici e metodi di classe	287
19.9.4. Casi d'uso	288
19.10. Descrittori	288
19.10.1. Accesso	289
19.10.2. Usi comuni	291
19.11. Decoratori	293
20. Moduli	295
20.1. Oggetti Modulo	295
20.2. L'istruzione <code>import</code>	295
20.3. Il corpo del modulo	296
20.4. Attributi degli oggetti modulo	296

20.5. La funzione <code>__getattr__</code>	296
20.6. La dichiarazione <code>from</code>	297
20.7. Gestione dei fallimenti di importazione	298
21. Esercitazione 1: web app con Flask	299
21.1. Il problema	299
21.2. Flask	299
21.2.1. Installazione	299
21.2.2. Creazione di una semplice web app	299
21.2.3. Esecuzione della web app	300
21.2.4. Template	300
21.2.5. Jinja2	301
21.2.6. Metodi HTTP	302
21.2.7. Per continuare	304
21.2.8. Esercitazione 1: web app con Flask	304
21.3. Il problema	304
21.4. Flask	304
21.4.1. Installazione	304
21.4.2. Creazione di una semplice web app	304
21.4.3. Esecuzione della web app	305
21.4.4. Template	305
21.4.5. Jinja2	306
21.4.6. Metodi HTTP	307
21.4.7. Per continuare	308
21.5. Passaggi dell'esercitazione	308
21.5.1. Passaggio 1: creazione di un'applicazione Flask	309
21.5.2. Passaggio 2: implementazione della pagina web per inserimento indirizzo	311
21.5.3. Passaggio 3: integrazione di Google Maps	311
21.5.4. Passaggio 4: test dell'applicazione	314
21.6. File	314
 IV. Quarta parte: Python avanzato	 315
 V. Quinta parte: strumenti	 317
 Appendici	 319
Riferimenti	319

Prefazione



Nel 2024, il panorama tecnologico è stato radicalmente trasformato dai progressi dell'Intelligenza Artificiale (IA) generativa. Gli strumenti di IA sono ora in grado di scrivere codice, creare contenuti e risolvere problemi complessi in modo autonomo. Tuttavia, nonostante questi straordinari progressi, imparare un linguaggio di programmazione rimane una competenza fondamentale e preziosa. La capacità di programmare permette agli individui non solo di comprendere come funzionano gli strumenti tecnologici che utilizzano quotidianamente, ma anche di personalizzare e sviluppare nuove soluzioni su misura per le proprie esigenze specifiche.

Gli strumenti di IA generativa possono automatizzare molte attività, ma comprendere il codice che generano richiede comunque una conoscenza approfondita della programmazione. Sapere come funziona un programma aiuta a diagnosticare e risolvere problemi in modo più efficace. Le soluzioni create da strumenti di IA possono essere generalizzate, ma imparare a programmare consente agli individui di creare soluzioni su misura per problemi specifici, innovare e andare oltre ciò che è possibile con gli strumenti standard.

La programmazione sviluppa abilità di pensiero critico e logico, essenziali non solo per la tecnologia ma anche per risolvere problemi in molti altri campi. La programmazione non è solo per sviluppatori di software. In settori come la scienza, l'ingegneria, la finanza, e persino le arti, la capacità di programmare può fornire un vantaggio significativo, migliorando l'efficienza e aprendo nuove possibilità di analisi e creazione. Imparare a programmare stimola la creatività e l'abilità di pensare in modo sistematico, due qualità che sono utili in qualsiasi campo.

Python è ampiamente riconosciuto come uno dei migliori linguaggi di programmazione per principianti e per esperti provenienti da altri linguaggi, grazie alle sue numerose caratteristiche vantaggiose. Python è un linguaggio di programmazione di alto livello, il che significa che è progettato per essere facile da leggere e scrivere. Le sue sintassi semplici e chiare riducono la complessità della programmazione, permettendo agli studenti di concentrarsi sui concetti fondamentali senza essere ostacolati dai dettagli tecnici.

Python supporta vari paradigmi di programmazione, tra cui la programmazione procedurale, la programmazione orientata agli oggetti e la programmazione funzionale. Questo rende Python estremamente versatile e permette agli studenti di esplorare e padroneggiare diversi stili di programmazione all'interno dello stesso linguaggio. Inoltre, Python ha una delle comunità di sviluppatori più grandi e attive al mondo. Questa comunità contribuisce continuamente allo sviluppo del linguaggio e delle sue librerie, offre supporto attraverso forum, tutorial, e documentazione, e crea una vasta gamma di risorse didattiche accessibili.

Python dispone di un ecosistema vasto e in continua crescita di librerie e framework per una vasta gamma di applicazioni, tra cui sviluppo web (Django, Flask), scienza dei dati (pandas, NumPy, SciPy), intelligenza artificiale e machine learning (TensorFlow, Keras, PyTorch), automazione, sviluppo di giochi (Pygame), e molto altro ancora. Questa diversità consente agli studenti di applicare Python a numerosi campi e di sviluppare progetti interessanti e rilevanti.

Imparare Python non è solo un passo fondamentale per diventare un programmatore competente, ma è anche un modo per comprendere meglio la tecnologia che ci circonda e per essere in grado di contribuire attivamente all'innovazione. Con la sua semplicità, versatilità e supporto comunitario, Python rappresenta una scelta ideale per chiunque desideri iniziare il proprio viaggio nel mondo della programmazione o per chi vuole aggiungere un potente strumento al proprio arsenale tecnologico.

L'obiettivo di questo corso è di guidarti attraverso le basi di Python, fornendoti una comprensione solida e completa del linguaggio. Spero che troverai questo corso utile e stimolante, e che ti ispiri a esplorare ulteriormente il mondo della programmazione.

Buon apprendimento!

Parte I.

**Prima parte: I fondamenti della
programmazione**

1. I linguaggi di programmazione, i programmi e i programmatori

Partiamo da alcuni concetti basilari che ci permettono di contestualizzare più facilmente quelli che introdurremo via via nel corso.

1.1. Definizioni

La **programmazione** è il processo di ideazione e scrittura di **istruzioni**, nella forma statica, ad esempio un file di testo, identificate come **codice sorgente**, che un computer può ricevere per eseguire compiti predefiniti. Queste istruzioni sono codificate in un **linguaggio di programmazione**, che traduce gli algoritmi e le finalità del programmatore, in un formato comprensibile ed eseguibile dal computer.

Un **programma** informatico è una sequenza di istruzioni scritte per eseguire una specifica operazione o un insieme di operazioni su un computer. Queste istruzioni sono codificate in uno dei linguaggi che il computer specifico può comprendere e utilizzare per eseguire attività come calcoli, manipolazione di dati, controllo di dispositivi e interazione con l'utente. Pensate a un programma come a una ricetta di cucina. La ricetta elenca gli ingredienti necessari (dati) e fornisce istruzioni passo-passo (algoritmo) per preparare un piatto. Allo stesso modo, un programma informatico specifica i dati da usare e le istruzioni da seguire per ottenere un risultato desiderato.

Un linguaggio di programmazione è un linguaggio formale che fornisce un insieme di regole e sintassi per scrivere programmi informatici. Questi linguaggi permettono ai programmatori di comunicare con i computer e di creare software da distribuire al di fuori di quello usato per la creazione. Alcuni esempi di linguaggi di programmazione includono Python, Java, C++, SQL, Rust, Haskell, Prolog, C, Assembly, Fortran, JavaScript e altre centinaia (o forse migliaia). Ad esempio Wikipedia ne ha una lista estesa (Wikipedia 'List of programming languages' page contributors 2024).

1.2. Linguaggi naturali e di programmazione

I linguaggi di programmazione hanno dei punti in comune e delle differenze coi linguaggi naturali (come l'italiano o l'inglese). Quest'ultime sono principalmente:

1. **Precisione e rigidità:** I linguaggi di programmazione sono estremamente precisi e rigidi. Ogni istruzione deve essere scritta in un modo specifico affinché il computer possa comprenderla ed eseguirla correttamente. Anche un piccolo errore di sintassi può impedire il funzionamento di un programma.
2. **Ambiguità:** I linguaggi naturali sono spesso ambigui e aperti a interpretazioni. Le stesse parole possono avere significati diversi a seconda del contesto. I linguaggi di programmazione, invece, sono progettati per essere privi di ambiguità; ogni istruzione ha un significato preciso e univoco.

1. I linguaggi di programmazione, i programmi e i programmatori

3. Vocabolario limitato: I linguaggi naturali hanno un vocabolario vastissimo e in continua espansione. I linguaggi di programmazione, al contrario, hanno un vocabolario limitato costituito da parole chiave e comandi definiti dal linguaggio stesso.
4. Forma di mediazione: I linguaggi naturali sono direttamente utilizzati per comunicare, quelli di programmazione non sono comprensibili immediatamente dai computer, ma devono essere tradotti in una forma opportuna per mezzo di programmi ad hoc.

1.3. Algoritmi

Un **algoritmo** è

Un insieme di regole che definiscono con precisione una sequenza di operazioni” (Stone 1971).

Tale definizione, per quanto generica, coglie i due aspetti fondanti, cioè regole, intese come prescrizioni sintattiche o semantiche, che si traducono in operazioni richieste ad un agente, umano o informatico.

In altre parole, un algoritmo è una sequenza ben definita di passi o operazioni ben codificata, che, a partire da un input, produce un output in un tempo finito e, quindi, presenta la seguente serie di caratteristiche:

- Finitudine: L'algoritmo deve terminare dopo un numero finito di passi.
- Determinismo: Ogni passo dell'algoritmo deve essere definito in modo preciso e non ambiguo.
- Input: L'algoritmo riceve zero o più dati in ingresso.
- Output: L'algoritmo produce uno o più risultati.
- Effettività: Ogni operazione dell'algoritmo deve essere fattibile ed eseguibile in un tempo finito.

Possiamo quindi comporre una definizione di linguaggio di programmazione legata a quella di algoritmo:

Un linguaggio di programmazione è uno strumento che consente all'essere umano di esprimere razionalmente i propri obiettivi e di realizzarli come algoritmi per l'esecuzione da parte di un computer. In sostanza, un linguaggio di programmazione è composto da due elementi fondamentali: un insieme di istruzioni e le regole per organizzarle in modo coerente e funzionale.

Per un testo introduttivo sugli algoritmi si può far riferimento a (Erickson 2019).

1.3.1. Rappresentazione

Un algoritmo è un concetto astratto, esistente come idea nella mente di chi lo crea. Quando si vuole condividere un algoritmo con qualcun altro, è cruciale scegliere una rappresentazione che lo comunichi in modo completo e accurato. Alcune rappresentazioni di algoritmi sono comprensibili solo dagli esseri umani, come quelle che utilizzano il linguaggio naturale o i diagrammi. Al contrario, un programma è una rappresentazione di un algoritmo destinata ad essere leggibile da una macchina, generalmente un computer. L'esecuzione di un programma da parte di un computer è detta processo.

Rappresentare un algoritmo richiede, pertanto, l'uso di un insieme di simboli e di regole di combinazione dei medesimi. I simboli fondamentali utilizzati per rappresentare gli algoritmi sono chiamati primitivi. Questi primitivi rappresentano le operazioni base, le unità minime di lavoro che un algoritmo può eseguire. Devono essere combinati seguendo una specifica sintassi, che è l'insieme delle regole che definiscono come questi simboli possono essere correttamente organizzati per formare istruzioni.

Quando i simboli primitivi sono assemblati secondo la sintassi corretta, il risultato è una rappresentazione significativa dell'algoritmo, ovvero la sua semantica. Le istruzioni create combinando questi primitivi costituiscono il codice sorgente di un programma, che può essere eseguito da un computer per realizzare l'algoritmo desiderato.

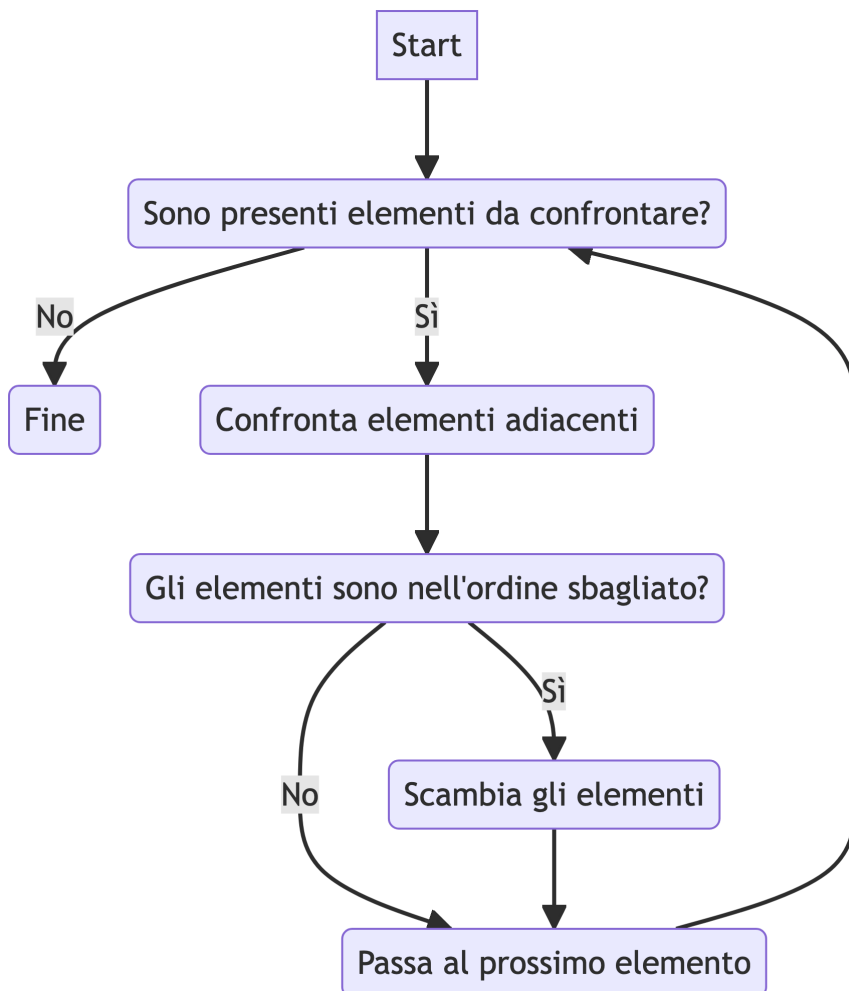
La sintassi di un linguaggio di programmazione determina come appare un programma, mentre la semantica determina cosa significa il programma e come esegue l'algoritmo.

Alcuni esempi di rappresentazione degli algoritmi includono:

- Linguaggio naturale: Rappresentazioni verbali utilizzabili dagli esseri umani.
- Diagrammi: Rappresentazioni visive come i diagrammi di flusso.
- Pseudocodice: Notazione semi-formale usata principalmente per la comprensione umana.
- Codice sorgente: Rappresentazioni formali in un linguaggio di programmazione specifico.

Un esempio di algoritmo è dato dall'ordinamento di una lista di numeri interi. Le rappresentazioni di quello che ex-post è il Bubble Sort, sono:

- Linguaggio naturale: Gli elementi adiacenti vengono scambiati se sono nell'ordine sbagliato e ciò prosegue fino a quando tutto l'elenco risulti ordinato.
- Diagramma di flusso:



1. I linguaggi di programmazione, i programmi e i programmatori

- Pseudocodice:

```
procedure BubbleSort(A: lista di elementi ordinabili)
  n := lunghezza(A)

  repeat
    scambiato := falso

    for i := 1 to n-1 inclusive do
      if A[i-1] > A[i] then
        scambia(A[i-1], A[i])

        scambiato := vero

      end if

    end for

    n := n - 1

  until not scambiato

end procedure
```

Nel seguito sarà data anche una rappresentazione in codice sorgente Python.

In questo esempio, abbiamo rappresentato l'algoritmo Bubble Sort in vari modi per dimostrare come un singolo algoritmo possa essere descritto e compreso attraverso differenti forme di rappresentazione.

1.3.2. Generazione

La generazione degli algoritmi è un'arte in sé, non esistendo una ricetta garantita per trovarne almeno uno corretto. Tuttavia, alcune strategie generali possono aumentare le probabilità di successo. La capacità di ideare algoritmi efficaci richiede creatività, pensiero analitico e una profonda comprensione del problema da risolvere.

Alcune strategie:

- Approccio top-down: Un approccio comune alla scoperta degli algoritmi è scomporre un problema complesso in sottoproblemi più piccoli e gestibili. Questo metodo, noto come approccio top-down, prevede di iniziare con una visione globale del problema e poi dividere il problema in parti sempre più piccole fino a raggiungere sottoproblemi che possono essere risolti direttamente. Ogni sottoproblema è affrontato individualmente e le soluzioni sono poi combinate per risolvere il problema originale. Questo approccio è particolarmente utile quando si affrontano problemi complessi che possono essere suddivisi in componenti indipendenti.
- Approccio bottom-up: Un altro metodo è l'approccio bottom-up, che prevede di partire da casi specifici o esempi concreti e di cercare di generalizzare la soluzione. Questo approccio consiste nell'identificare soluzioni per piccoli problemi specifici e poi combinare queste soluzioni per affrontare problemi più grandi. È un metodo efficace quando le soluzioni a problemi semplici possono essere adattate e combinate per risolvere problemi più complessi. L'approccio bottom-up è spesso utilizzato in combinazione con l'approccio top-down per fornire una comprensione completa del problema e della sua soluzione.

- **Induzione:** L'induzione è una tecnica matematica che può essere molto utile nella determinazione di algoritmi. Consiste nel risolvere il problema per un caso base semplice e poi dimostrare che se il problema può essere risolto per un caso generico, allora può essere risolto anche per il caso successivo. Questa tecnica è particolarmente utile per i problemi ricorsivi, dove la soluzione a un problema dipende dalla soluzione di istanze più semplici dello stesso problema.
- **Contraddizione:** La contraddizione è un'altra tecnica matematica che può essere utilizzata nella definizione di algoritmi. Consiste nel dimostrare che l'assunzione opposta porta a una contraddizione, e quindi l'assunzione iniziale deve essere vera. Questa tecnica è utile per provare che certi problemi non possono essere risolti o che certe proprietà devono essere vere per un algoritmo efficace.

1.3.3. Metodologia di Polya

George Polya, nel suo libro *How to Solve It* (Polya 1945), propone una metodologia strutturata per la risoluzione dei problemi che può essere applicata alla scoperta degli algoritmi.

1.3.3.1. Le fasi

Polya suggerisce quattro fasi principali:

1. **Comprendere il problema:** Prima di tutto, è fondamentale avere una chiara comprensione del problema. Ciò include identificare esattamente cosa è richiesto, quali sono i dati di input e quale deve essere l'output. Una comprensione chiara aiuta a focalizzare l'attenzione sui punti cruciali del problema.
2. **Formulare piani:** Una volta compreso il problema, il passo successivo è ideare uno o più piani per risolverlo. Questo può includere la suddivisione del problema in sottoproblemi, l'uso di analogie con problemi già risolti, o l'applicazione di tecniche matematiche come l'induzione. È utile pensare a diverse strategie e considerare quale possa essere la più efficace.
3. **Eseguire i piani:** Dopo aver formulato un piano, bisogna metterlo in pratica. Questo implica scrivere il codice, testare le soluzioni e verificare che l'algoritmo funzioni correttamente per i casi di test previsti. Durante questa fase, è possibile che si scoprano nuovi sottoproblemi o che si debba modificare il piano originale.
4. **Valutare l'efficacia:** Infine, è importante valutare l'efficacia della soluzione. Questo include verificare che l'algoritmo funzioni correttamente per tutti i casi di input, che sia efficiente in termini di tempo e risorse, e che sia possibile migliorarlo ulteriormente. La valutazione permette di rifinire l'algoritmo e di identificare eventuali punti deboli o aree di miglioramento.

Queste fasi aiutano a strutturare il processo di definizione di algoritmi in modo sistematico e metodico, aumentando le probabilità di trovare soluzioni efficaci ai problemi. La scrittura degli algoritmi, quindi, non è solo una questione di creatività, ma anche di applicazione rigorosa di tecniche e metodologie strutturate.

1.3.3.2. Esempio di applicazione

Applichiamo la metodologia di Polya per definire un algoritmo, rappresentato con codice sorgente, che ordini una lista di numeri interi in ordine crescente.

1. **Comprendere il problema:** Ordinare una lista di numeri interi in ordine crescente; ad esempio [64, 34, 25, 12, 22, 11, 90] deve diventare [11, 12, 22, 25, 34, 64, 90].

1. I linguaggi di programmazione, i programmi e i programmatori

2. Formulare piani:

- Piano 1: Confrontare ogni elemento con ogni altro elemento e scambiarli se sono nell'ordine sbagliato. Tuttavia, questo potrebbe non essere efficiente.
- Piano 2: Confrontare elementi adiacenti e scambiarli se sono nell'ordine sbagliato, ripetendo questo processo fino a quando la lista è ordinata. Questo ci porta all'idea dell'algoritmo Bubble Sort.

3. Eseguire i piani: Implementiamo l'algoritmo in codice sorgente Python, eventualmente preceduto da uno pseudocodice come quello presentato sopra:

```
def bubble_sort(lista):  
    n = len(lista)  
  
    for i in range(n):  
        scambiato = False  
  
        for j in range(0, n-i-1):  
            if lista[j] > lista[j + 1]:  
                lista[j], lista[j + 1] = lista[j + 1], lista[j]  
  
                scambiato = True  
  
        if not scambiato:  
            break  
  
# Esempio di utilizzo  
lista = [64, 34, 25, 12, 22, 11, 90]  
  
print("La lista da ordinare è: ", lista)  
  
bubble_sort(lista)  
  
print("La lista ordinata è: ", lista)
```

- ① Definizione della funzione `bubble_sort`.
- ② Calcolo della lunghezza della lista.
- ③ Ciclo esterno che ripete il processo di ordinamento.
- ④ Inizializzazione della variabile `scambiato` a `False`.
- ⑤ Ciclo interno che percorre la lista fino alla fine non ordinata.
- ⑥ Confronto tra elementi adiacenti.
- ⑦ Scambio degli elementi se sono nell'ordine sbagliato.
- ⑧ Impostazione della variabile `scambiato` a `True` se avviene uno scambio.
- ⑨ Verifica se sono stati effettuati scambi.
- ⑩ Interruzione del ciclo se non ci sono stati scambi, la lista è ordinata.
- ⑪ Esempio di lista da ordinare.
- ⑫ Stampa della lista da ordinare.
- ⑬ Chiamata della funzione `bubble_sort` sulla lista.
- ⑭ Stampa della lista ordinata.

Da notare che abbiamo applicato l'algoritmo all'input così come dato nella definizione del problema, ma, in generale, più coppie input/output dovrebbero essere fornite per coprire anche casi particolari.

4. Valutare l'efficacia:

- L'algoritmo Bubble Sort funziona correttamente per l'elenco di esempio fornito.
- L'algoritmo ha una complessità temporale di $O(n^2)$, che può essere migliorata utilizzando algoritmi di ordinamento più efficienti come il Quick Sort o il Merge Sort.
- L'algoritmo è semplice da implementare e comprendere, ma non è adatto per grandi dataset a causa della sua inefficienza.

In questo esempio, abbiamo applicato le fasi della metodologia di Polya per determinare l'algoritmo Bubble Sort per l'ordinamento di una lista di numeri interi. Questo dimostra come una struttura metodica possa aiutare a definire e implementare algoritmi efficaci in un programma in uno specifico linguaggio di programmazione.

1.4. Dal codice sorgente all'esecuzione

Per comprendere come un programma scritto in un linguaggio di programmazione passi dal file di testo contenente il codice sorgente all'esecuzione delle istruzioni da parte del computer, è fondamentale capire che questo processo richiede un programma che interpreti quel codice sorgente. Tale programma può essere un **compilatore** o un **interprete**, le due macrocategorie che definiscono come il codice sorgente viene tradotto ed eseguito.

Un **compilatore** è un programma che traduce l'intero codice sorgente di un programma scritto in un linguaggio di alto livello (come C o C++) in codice macchina, che è il linguaggio comprensibile direttamente dalla CPU. Questa traduzione avviene una sola volta, generando un file eseguibile che può essere eseguito direttamente dalla CPU.

Un **interprete**, invece, è un programma che esegue il codice sorgente direttamente, istruzione per istruzione, senza produrre un file eseguibile separato. L'interprete legge una riga di codice, la traduce in codice macchina e la esegue immediatamente. Questo processo viene ripetuto per ogni riga del codice sorgente.

È importante notare che alcuni linguaggi di programmazione possono essere sia compilati che interpretati, a seconda dell'implementazione disponibile. Ad esempio, Java utilizza sia la compilazione (per generare bytecode) che l'interpretazione, e la Java Virtual Machine (JVM) spesso utilizza anche la compilazione just-in-time (JIT) per tradurre il bytecode in codice macchina nativo durante l'esecuzione.

Detto ciò i passaggi macro perché un programma sia eseguito e possa produrre gli effetti pronosticati, sono:

1. Il programmatore scrive il codice sorgente utilizzando un editor di testo o un ambiente di sviluppo integrato (integrated development environment, IDE). Questo codice contiene le istruzioni del programma, scritte secondo la sintassi del linguaggio di programmazione scelto.
2. L'interprete o il compilatore vengono eseguiti con input il programma e un componente, l'analizzatore lessicale, legge il codice sorgente e lo divide in lessemi, che sono sequenze di caratteri che corrispondono agli elementi *atomici* del linguaggio. Ogni lessema viene identificato come un token specifico, come una parola chiave, un operatore o un identificatore.
3. A seguire un secondo componente, il parser, riceve la sequenza di token dall'analizzatore lessicale e costruisce un albero di sintassi, che rappresenta la struttura grammaticale del programma. Il parser verifica che il codice rispetti le regole sintattiche del linguaggio.

1. I linguaggi di programmazione, i programmi e i programmatori

4. Un altro componente effettua la verifica che il programma abbia un senso logico. Ad esempio, controlla che le variabili siano dichiarate prima di essere utilizzate e che i tipi di dati siano compatibili con le operazioni eseguite su di essi.
5. Il compilatore, a questo punto, genera una rappresentazione intermedia del programma, che è più vicina al linguaggio macchina ma ancora indipendente dall'architettura specifica del computer. Ciò è tipico dei linguaggi compilati, anche se alcuni interpreti possono generare un bytecode intermedio.
6. Il compilatore ottimizza codice intermedio al fine di migliorare le prestazioni del programma, riducendo il numero di istruzioni o migliorando l'efficienza delle operazioni.
7. Il codice intermedio ottimizzato viene tradotto in codice macchina, che è specifico per l'architettura del computer su cui il programma verrà eseguito.
8. Linking: Il codice macchina viene combinato con altre librerie e moduli necessari per formare un eseguibile completo.
9. Esecuzione: L'eseguibile viene caricato nella memoria del computer e il processore esegue le istruzioni, portando a termine le operazioni definite nel programma.

Nel caso di un interprete, i passaggi di generazione del codice intermedio e macchina possono essere sostituiti da una valutazione diretta delle istruzioni del programma, eseguendole una per una. In pratica, l'interprete traduce ogni singola istruzione del codice sorgente in un formato comprensibile dalla CPU e passa questa istruzione alla CPU stessa per l'esecuzione. Questo processo continua fino a quando tutte le istruzioni del programma non sono state eseguite.

1.5. Ciclo di vita del software

Un **software** è composto da uno o più programmi e, quando eseguito, realizza un compito con un grado di utilità specifico. La gerarchia concettuale, dal più generale all'elemento più granulare, è: software, programmi, moduli, istruzioni.

Un **modulo** è una componente autonoma di un programma che contiene una parte specifica della logica o delle funzionalità del sistema. I moduli facilitano la gestione della complessità, permettono il riutilizzo del codice e migliorano la manutenibilità del software.

Così come il disegno dei programmi è quello computazionale degli algoritmi, il disegno del software è funzionale per determinare i suoi obiettivi e architetturale per la decomposizione nei programmi e nei relativi moduli.

Per creare il software, quindi, è necessario percorrere una sequenza di fasi ben definita che, concisamente, è data da:

- La progettazione di un'applicazione inizia con la fase di **analisi dei requisiti**, in cui si identificano cosa deve fare il software, chi sono gli utenti e quali sono i requisiti funzionali e non funzionali che deve soddisfare.
- Segue il **disegno funzionale** che dettaglia come ogni componente del sistema possa rispondere alle funzionalità richieste. In questa fase si descrivono le operazioni specifiche che ogni componente deve eseguire, utilizzando diagrammi di processo per rappresentare il flusso di attività al fine di rispondere ai requisiti.

- Il **disegno architetturale** riguarda l'organizzazione ad alto livello del sistema software. In questa fase si definiscono i componenti principali del sistema e come essi interagiscono tra di loro per supportare le attività di processo. Questo include la suddivisione del sistema in moduli o componenti, la definizione delle interfacce tra di essi e l'uso di tecniche di modellazione per rappresentare l'architettura del sistema.
- Una volta che l'architettura è stata progettata, si passa alla fase di **implementazione**, in cui i programmatori scrivono il codice sorgente nei linguaggi di programmazione scelti. I programmatori lavorano sui vari moduli, integrandoli secondo l'architettura definita per costruire i programmi completi.
- Dopo l'implementazione, è essenziale verificare che il software funzioni correttamente:
 - **Testing:** Scrivere ed eseguire test per verificare che il software soddisfi i requisiti specificati. I test sono di diversi generi in funzione dell'oggetto di verifica, come test unitari per segmenti di codice (spesso a livello di moduli), test di integrazione per componenti, e test di sistema nella sua interezza.
 - **Debugging:** Identificare e correggere gli errori (bug) nel codice. Questo può includere l'uso di strumenti di debugging per tracciare l'esecuzione del programma e trovare i punti in cui si verificano gli errori.
- Una volta che il software è stato testato e ritenuto pronto, si passa alla fase di messa a disposizione delle funzionalità agli utenti (in inglese, *deployment*):
 - **Distribuzione:** Rilasciare il software agli utenti finali, che può includere l'installazione su server, la distribuzione di applicazioni desktop o il rilascio di app mobile.
 - **Manutenzione:** Continuare a supportare il software dopo il rilascio. Questo include la correzione di bug scoperti dopo il rilascio, l'aggiornamento del software per miglioramenti e nuove funzionalità, e l'adattamento a nuovi requisiti o ambienti.

La complessità del processo induce la necessità di avere dei team con qualità individuali diverse e il programmatore, oltre alle competenze specifiche, deve saper interpretare i vari artefatti di disegno e saperli tramutare in algoritmi e codice sorgente.

La modularità del software facilita questa trasformazione, permettendo ai programmatori di focalizzarsi su singole parti del sistema alla volta e garantendo al contempo che le varie componenti si integrino correttamente in un sistema funzionante e coerente.

2. I paradigmi di programmazione

I linguaggi di programmazione possono essere classificati in diversi modi in base a scopo, struttura o altre caratteristiche di progettazione.

Una delle classificazioni più importanti è quella del **paradigma di programmazione**, che definisce il modello e gli stili di risoluzione dei problemi che un linguaggio supporta per mezzo della codificazione degli algoritmi.

Tuttavia, è importante notare che molti linguaggi moderni sfruttano efficacemente più di un paradigma di programmazione, rendendo difficile assegnare un linguaggio a una sola categoria.

Come ha affermato Bjarne Stroustrup, il creatore del C++:

Le funzionalità dei linguaggi esistono per fornire supporto agli stili di programmazione. Per favore, non considerate una singola funzionalità di linguaggio come una soluzione, ma come un mattoncino da un insieme variegato che può essere combinato per esprimere soluzioni.

I principi generali per il design e la programmazione possono essere espressi semplicemente:

- Esprimere idee direttamente nel codice.
- Esprimere idee indipendenti in modo indipendente nel codice.
- Rappresentare le relazioni tra le idee direttamente nel codice.
- Combinare idee espresse nel codice liberamente, solo dove le combinazioni hanno senso.
- Esprimere idee semplici in modo semplice.

Questi sono ideali condivisi da molte persone, ma i linguaggi progettati per supportarli possono differire notevolmente. Una ragione fondamentale per questo è che un linguaggio incorpora una serie di compromessi ingegneristici che riflettono le diverse necessità, gusti e storie di vari individui e comunità. (Stroustrup 2013, p. 10)

2.1. L'importanza dei paradigmi di programmazione

Comprendere i paradigmi di programmazione è fondamentale per diversi motivi:

- Approccio alla risoluzione dei problemi: Ogni paradigma offre una visione diversa su come affrontare e risolvere problemi. Conoscere vari paradigmi permette ai programmatori di scegliere l'approccio più adatto in base al problema specifico. Ad esempio, per problemi che richiedono una manipolazione di stati, la programmazione imperativa può essere più intuitiva. Al contrario, per problemi che richiedono trasformazioni di dati senza effetti collaterali, la programmazione funzionale potrebbe essere più adatta.
- Versatilità e adattabilità: I linguaggi moderni che supportano più paradigmi permettono ai programmatori di essere più versatili e adattabili. Possono utilizzare il paradigma più efficiente per diverse parti del progetto, migliorando sia la leggibilità che le prestazioni del codice.

2. I paradigmi di programmazione

- **Manutenzione del codice:** La comprensione dei paradigmi aiuta nella scrittura di codice più chiaro e manutenibile. Ad esempio, il paradigma orientato agli oggetti può essere utile per organizzare grandi basi di codice in moduli e componenti riutilizzabili, migliorando la gestione del progetto.
- **Evoluzione professionale:** La conoscenza dei vari paradigmi arricchisce le competenze di un programmatore, rendendolo più competitivo nel mercato del lavoro. Conoscere più paradigmi permette di comprendere e lavorare con una gamma più ampia di linguaggi di programmazione e tecnologie.
- **Ottimizzazione del codice:** Alcuni paradigmi sono più efficienti in determinate situazioni. Ad esempio, la programmazione concorrente è essenziale per lo sviluppo di software che richiede alta prestazione e scalabilità, come nei sistemi distribuiti. Comprendere come implementare la concorrenza in vari paradigmi permette di scrivere codice più efficiente.

2.2. Il paradigma imperativo

La **programmazione imperativa**, a differenza della programmazione dichiarativa, è un paradigma di programmazione che descrive l'esecuzione di un programma come una serie di istruzioni che cambiano il suo stato. In modo simile al modo imperativo delle lingue naturali, che esprime comandi per compiere azioni, i programmi imperativi sono una sequenza di comandi che il computer deve eseguire in sequenza. Un caso particolare di programmazione imperativa è quella procedurale.

I linguaggi di programmazione imperativa si contrappongono ad altri tipi di linguaggi, come quelli funzionali e logici. I linguaggi di programmazione funzionale, come Haskell, non producono sequenze di istruzioni e non hanno uno stato globale come i linguaggi imperativi. I linguaggi di programmazione logica, come Prolog, sono caratterizzati dalla definizione di cosa deve essere calcolato, piuttosto che come deve avvenire il calcolo, a differenza di un linguaggio di programmazione imperativo.

L'implementazione hardware di quasi tutti i computer è imperativa perché è progettata per eseguire il codice macchina, che è scritto in stile imperativo. Da questa prospettiva a basso livello, lo stato del programma è definito dal contenuto della memoria e dalle istruzioni nel linguaggio macchina nativo del processore. Al contrario, i linguaggi imperativi di alto livello sono caratterizzati da un modello dati e istruzioni che risultano più facilmente usabili come strumenti di espressione di passi algoritmici.

2.2.1. Esempio in assembly

Assembly è una categoria di linguaggi di basso livello, cioè strettamente legati all'hardware del computer, tanto che ogni processore ha il suo *dialetto*. Un esempio di un semplice programma scritto per l'architettura x86, utilizzando la sintassi dell'assembler NASM (Netwide Assembler), è il seguente che effettua la somma di due numeri e stampa il risultato:

```
section .data
    num1 db 5          ; Definisce il primo numero
    num2 db 3          ; Definisce il secondo numero
    result db 0         ; Variabile per memorizzare il risultato
    msg db 'Result: ', 0 ; Messaggio di output

section .bss
    result_str resb 4    ; Buffer per la stringa del risultato

section .text
```

```

global _start

_start:
; Somma num1 e num2
mov al, [num1]      ; Carica il primo numero in AL
add al, [num2]      ; Aggiunge il secondo numero a AL
mov [result], al    ; Memorizza il risultato in result

; Converti il risultato in stringa ASCII
mov eax, [result]   ; Carica il risultato in EAX
add eax, '0'        ; Converti il valore numerico in carattere ASCII
mov [result_str], eax ; Memorizza il carattere ASCII in result_str

; Stampa il messaggio
mov eax, 4          ; syscall numero per sys_write
mov ebx, 1          ; file descriptor 1 (stdout)
mov ecx, msg        ; puntatore al messaggio
mov edx, 8          ; lunghezza del messaggio
int 0x80            ; chiamata di sistema

; Stampa il risultato
mov eax, 4          ; syscall numero per sys_write
mov ebx, 1          ; file descriptor 1 (stdout)
mov ecx, result_str ; puntatore alla stringa del risultato
mov edx, 1          ; lunghezza della stringa del risultato
int 0x80            ; chiamata di sistema

; Terminazione del programma
mov eax, 1          ; codice di sistema per l'uscita
xor ebx, ebx        ; codice di ritorno 0
int 0x80            ; interruzione per chiamare il kernel

```

Le sezioni del codice:

- La sezione `.data` definisce i dati statici `num1`, `num2`, `result` e `msg`.
- Sezione `.bss` alloca lo spazio per `result_str`, che conterrà la stringa del risultato.
- Sezione `.text` definisce `_start` come punto di ingresso del programma e:
 - Implementa la logica principale del programma.
 - Somma i valori di `num1` e `num2`.
 - Converte il risultato numerico in una stringa ASCII.
 - Utilizza chiamate al sistema operativo per scrivere il messaggio e il risultato su stdout.
 - Termina il programma.

L'assembly è usato nello sviluppo di:

- Sistemi operativi, ad esempio della componente di kernel, che ha il controllo del sistema e i driver, cioè i programmi utili alla comunicazione coll'hardware.

2. I paradigmi di programmazione

- Applicazioni *embedded*: Microcontrollori di dispositivi medici, sistemi di controllo di veicoli, dispositivi IoT, ecc., cioè) dove è necessaria un'ottimizzazione estrema delle risorse computazionali.
- Applicazioni HPC (*high performance computing*): Il focus qui è eseguire calcoli intensivi e complessi in tempi relativamente brevi. Queste applicazioni richiedono un numero di operazioni per unità di tempo elevato e sono ottimizzate per sfruttare al massimo le risorse hardware disponibili, come CPU, GPU e memoria.

2.2.2. Esempio in Python

All'altro estremo della immediatezza di comprensione del testo del codice per un essere umano, troviamo Python, un linguaggio di alto livello noto per la leggibilità ed eleganza.

Ecco il medesimo esempio, visibilmente più conciso e certamente intuibile anche avendo basi limitate di programmazione:

```
num1 = 5 ①
num2 = 3

result = num1 + num2 ②

print("Il risultato è: ", result) ③
```

- ① Definizione delle variabili che identificano gli addendi.
- ② Somma dei due numeri.
- ③ Stampa del risultato della somma.

2.2.3. Analisi comparativa

Assembly:

- Basso livello di astrazione: Assembly lavora direttamente con i registri della CPU e la memoria, quindi non astrae granché della complessità dell'hardware.
- Scarsa versatilità: Il linguaggio è progettato per una ben definita architettura e, quindi, ha una scarsa applicabilità ad altre, anche se alcuni dialetti di assembly presentano delle similitudini.
- Elevata precisione: Il programmatore ha un controllo dettagliato su ogni singola operazione compiuta dal processore, perché c'è una corrispondenza col codice macchina.
- Complessità: Ogni operazione deve essere definita esplicitamente e in sequenza, il che rende il codice più lungo e difficile da leggere.

Python:

- Alto livello di astrazione: Python fornisce un'astrazione più elevata sia dei dati che delle istruzioni, permettendo di ignorare i dettagli dei diversi hardware.
- Elevata semplicità: Il codice è più breve e leggibile, facilitando la comprensione e la manutenzione.
- Elevata versatilità: Il linguaggio è applicabile senza modifiche a un elevato numero di architetture hardware-software.

- **Produttività:** I programmatori possono concentrarsi sulla complessità intrinseca del problema, senza preoccuparsi di molti dettagli implementativi del processo di esecuzione.

2.3. Il paradigma procedurale

La **programmazione procedurale** è un paradigma di programmazione, derivato da quella imperativa, che organizza il codice in unità chiamate procedure o funzioni. Ogni procedura o funzione è un blocco di codice che può essere richiamato da altre parti del programma, promuovendo la riutilizzabilità e la modularità del codice.

La programmazione procedurale è una naturale evoluzione della imperativa e uno dei paradigmi più antichi e ampiamente utilizzati. Ha avuto origine negli anni '60 e '70 con linguaggi come Fortran, COBOL e C, tutt'oggi rilevanti. Questi linguaggi hanno introdotto concetti fondamentali come funzioni, sottoprogrammi e la separazione tra codice e dati. Il C, in particolare, ha avuto un impatto duraturo sulla programmazione procedurale, diventando uno standard de facto per lo sviluppo di sistemi operativi e software di sistema.

I vantaggi principali sono:

- **Modularità:** La programmazione procedurale incoraggia la suddivisione del codice in funzioni o procedure più piccole e gestibili. Questo facilita la comprensione, la manutenzione e il riutilizzo del codice.
- **Riutilizzabilità:** Le funzioni possono essere riutilizzate in diverse parti del programma o in progetti diversi, riducendo la duplicazione del codice e migliorando l'efficienza dello sviluppo.
- **Struttura e organizzazione:** Il codice procedurale è generalmente più strutturato e organizzato, facilitando la lettura e la gestione del progetto software.
- **Facilità di debug e testing:** La suddivisione del programma in funzioni isolate rende più facile individuare e correggere errori, oltre a testare parti specifiche del codice.

D'altro canto, presenta anche degli svantaggi che hanno spinto i ricercatori a continuare l'innovazione:

- **Scalabilità limitata:** Nei progetti molto grandi, la programmazione procedurale può diventare difficile da gestire. La mancanza di meccanismi di astrazione avanzati, come quelli offerti dalla programmazione orientata agli oggetti, può complicare la gestione della complessità.
- **Gestione dello stato:** La programmazione procedurale si basa spesso su variabili globali per condividere stato tra le funzioni, il che può portare a bug difficili da individuare e risolvere.
- **Difficoltà nell'aggiornamento:** Le modifiche a una funzione possono richiedere aggiornamenti in tutte le parti del programma che la utilizzano, aumentando il rischio di introdurre nuovi errori.
- **Meno Adatta per Applicazioni Moderne:** Per applicazioni complesse e moderne che richiedono la gestione di eventi, interfacce utente complesse e modellazione del dominio, la programmazione procedurale può essere meno efficace rispetto ad altri paradigmi come quello orientato agli oggetti.

2.3.1. Funzioni e procedure

Nella programmazione procedurale, il codice è suddiviso in unità elementari chiamate **funzioni** e **procedure**. La differenza principale tra le due è la seguente:

- Funzione: Una funzione è un blocco di codice che esegue un compito specifico e restituisce un valore. Le funzioni sono utilizzate per calcoli o operazioni che producono un risultato. Ad esempio, una funzione che calcola la somma di due numeri in linguaggio C:

```
int somma(int a, int b) {  
    return a + b;  
}
```

- Procedura: Una procedura è simile a una funzione, ma non restituisce un valore. È utilizzata per eseguire azioni o operazioni che non necessitano di un risultato. Ad esempio, una procedura che stampa un messaggio in Pascal:

```
procedure stampaMessaggio;  
begin  
    writeln('Ciao, Mondo!');  
end;
```

2.3.2. Creazione di librerie

Un altro aspetto importante della programmazione procedurale è la possibilità di creare **librerie**, che sono collezioni di funzioni e procedure riutilizzabili. Le librerie permettono di organizzare e condividere codice comune tra diversi progetti, aumentando la produttività e riducendo la duplicazione del codice, nonché abilitando un modello commerciale che mette a disposizione del software prodotto da aziende o comunità specializzate.

Esempio di una semplice libreria ipotetica di *somme* in C:

- File header (mialibreria.h):

```
#ifndef MIALIBRERIA_H  
#define MIALIBRERIA_H  
  
int somma_interi(int a, int b);  
  
char* somma_stringhe(const char* a, const char* b);  
  
int somma_array(int arr[], int n);  
  
void stampa_messaggio(const char* messaggio,  
                     void* risultato,  
                     char tipo);  
  
#endif
```

- File di implementazione (mialibreria.c):


```

#include "mialibreria.h"
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

int somma_interi(int a, int b) {
    return a + b;
}

char* somma_stringhe(const char* a, const char* b) {
    char* risultato = malloc(strlen(a) + strlen(b) + 1); ①

    if (risultato) { ②
        strcpy(risultato, a); ③
        strcat(risultato, b); ④
    }

    return risultato;
}

int somma_array_interi(int arr[], int n) {
    int somma = 0;

    for (int i = 0; i < n; i++) {
        somma += arr[i];
    }

    return somma;
}

void stampa_messaggio(const char* messaggio,
                     void* risultato,
                     char tipo) {
    printf("%s", messaggio);

    if (tipo == 'i') {
        printf("%d\n", *(int*)risultato); ⑤
    } else if (tipo == 's') {
        printf("%s\n", (char*)risultato); ⑥
    }
}

```

- ① Allocazione della memoria per la somma delle due stringhe e +1 per il carattere di terminazione \0.
- ② Controllo se la funzione `malloc` ha avuto successo nell'allocare la memoria richiesta. Se `risultato` è `NULL`, significa che `malloc` ha fallito e il blocco di codice all'interno dell'`if` viene saltato, evitando così di tentare di accedere a memoria non valida.
- ③ Se l'allocazione ha avuto successo, copia la prima stringa nel risultato.
- ④ Concatenazione della seconda stringa nel risultato.
- ⑤ Stampa del risultato se il tipo è intero.
- ⑥ Stampa del risultato se il tipo è una stringa.

2. I paradigmi di programmazione

- File principale (main.c):

```
#include "mialibreria.h"
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main() {
    int risultato = somma_interi(5, 3);
    stampa_messaggio("Il risultato della somma di interi è: ",
                    &risultato, 'i');

    char* risultato_stringhe = somma_stringhe("Ciao, ", "mondo!");
    stampa_messaggio("Il risultato della somma di stringhe è: ",
                    risultato_stringhe, 's');
    free(risultato_stringhe);

    int array[] = {1, 2, 3, 4, 5};
    int risultato_array = somma_array_interi(array, 5);
    stampa_messaggio("Il risultato della somma dell'array di interi è: ",
                    &risultato_array, 'i');

    return 0;
}
```

- ① Chiamata della funzione per la somma di due interi.
- ② Chiamata della funzione per la somma di due stringhe (implementata come una concatenazione).
- ③ Liberazione della memoria allocata per la stringa risultante.
- ④ Chiamata della funzione per la somma di un array di interi.

E il medesimo, ma in Python:

```
def somma_interi(a, b):
    return a + b

def somma_stringhe(a, b):
    return a + b

def somma_array(arr):
    return sum(arr)

risultato_interi = somma_interi(3, 5)
print(f"Il risultato della somma di interi è: {risultato_interi}")

risultato_stringhe = somma_stringhe("Ciao, ", "mondo!")
print(f"Il risultato della somma di stringhe è: {risultato_stringhe}")

array_interi = [1, 2, 3, 4, 5]
risultato_array = somma_array(array_interi)
print(f"Il risultato della somma dell'array è: {risultato_array}")
```

- ① Il codice di `somma_interi` e `somma_stringhe` è identico e questo ci suggerisce che una delle due è ridondante.

- ② La funzione ora prende in input solo l'array e non c'è bisogno di inserire anche la sua dimensione.
- ③ In Python, per evitare errori quando si usa la funzione `sum`, l'array (o lista) deve contenere elementi che supportano l'operazione di addizione tra di loro. Tipicamente, si usano numeri (interi o a virgola mobile), ma è possibile anche sommare altri tipi di elementi se l'operazione di addizione è definita per quel tipo di dato.

Anche qui Python appare più semplice e immediato, sicuramente vincente sul piano della comprensione del codice e della immediatezza di utilizzo. In realtà, Python e C hanno sia una forte complementarità sulle applicazioni, sia una dipendenza perché molte librerie e l'interprete stesso di Python sono in C.

2.4. Il paradigma di orientamento agli oggetti

La **programmazione orientata agli oggetti** (in inglese *object-oriented programming*, OOP) è un paradigma di programmazione che organizza il software in termini di **oggetti**, ciascuno dei quali rappresenta un'istanza *viva* di una matrice astratta detta **classe**. Una classe definisce un tipo di dato che include attributi (dati) e metodi (funzionalità). Gli oggetti interagiscono tra loro attraverso messaggi, permettendo una struttura modulare e intuitiva.

L'OOP è emersa negli anni '60 e '70 con il linguaggio Simula, il primo linguaggio di programmazione a supportare questo paradigma. Tuttavia, è stato con Smalltalk, sviluppato negli anni '70 da Alan Kay e altri presso lo Xerox PARC, che l'OOP ha guadagnato popolarità. Il paradigma è stato ulteriormente consolidato con il linguaggio C++ negli anni '80 e con Java negli anni '90, rendendolo uno dei più utilizzati per lo sviluppo software moderno. Oggi numerosi sono i linguaggi primariamente ad oggetti, ad esempio Python, C#, Ruby, Java, Swift, Javascript, ecc. ed altri lo supportano come PHP (dalla versione 5) e financo il Fortran nella versione 2003.

Rispetto ai paradigmi precedenti, l'OOP introduce diversi concetti chiave che ineriscono al disegno architetturale di software:

- **Classe e oggetto:** La classe è un modello o schema per creare oggetti. Contiene definizioni di stato (attributi) e di modalità di manipolazione del proprio stato o di quello di altri oggetti (metodi). L'oggetto è un'istanza di una classe e rappresenta un'entità concreta nel programma con stato e comportamento mutevoli.
- **Incapsulamento:** Nasconde i dettagli interni di un oggetto e mostra solo le interfacce necessarie agli altri oggetti. Migliora la modularità e protegge l'integrità dei dati.
- **Ereditarietà** (relazione *is-a*): Permette a una classe di estenderne un'altra, ereditandone attributi e metodi. Favorisce il riuso del codice e facilita l'estensione delle funzionalità. Si usa quando una classe può essere considerata una specializzazione di un'altra. Ad esempio, un **Gatto** è un **Animale**, quindi la classe **Gatto** eredita dalla classe **Animale**.
- **Polimorfismo:** Consente a oggetti di classi diverse di essere trattati come oggetti di una classe comune. Facilita l'uso di un'interfaccia uniforme per operazioni diverse. Il polimorfismo è strettamente legato all'ereditarietà e permette di usare un metodo in modi diversi a seconda dell'oggetto che lo invoca. Ad esempio, un metodo `muovi()` può comportarsi diversamente se invocato su un oggetto di classe **Gatto** rispetto a un oggetto di classe **Uccello**, ma entrambi sono trattati come **Animale**.
- **Astrazione:** Permette di definire interfacce di alto livello per oggetti, senza esporre i dettagli implementativi. Facilita la comprensione e la gestione della complessità del sistema, perché, assieme a ereditarietà e polimorfismo, permette di pensare in modo più naturale, basando la decomposizione del problema anche su relazioni di tipo gerarchico e concettuale. Attraverso l'astrazione, si definiscono classi e interfacce

2. I paradigmi di programmazione

che rappresentano concetti generici, come **Forma** o **Veicolo**, senza specificare i dettagli concreti delle implementazioni.

- **Composizione** (relazione *has-a*): Permette a una classe di contenere altre classi come parte dei suoi attributi. È una forma di relazione che indica che un oggetto è composto da uno o più oggetti di altre classi. Si usa quando una classe ha bisogno di utilizzare funzionalità di altre classi ma non rappresenta una specializzazione di quelle classi. Ad esempio, una classe **Auto** può avere un oggetto **Motore** come attributo, indicando che *un'Auto ha un Motore*.

I vantaggi principali dell'OOP sono:

- **Modularità**: Le classi e gli oggetti favoriscono la suddivisione del codice in moduli indipendenti, in una forma più granulare rispetto al paradigma procedurale. Non solo le istruzioni sono raggruppate per soddisfare una specifica operazione, ma possono essere viste come più operazioni su uno stato associato. La modularità è rafforzata dalle relazioni *has-a* e *is-a*, che aiutano a organizzare il codice in componenti logicamente separati e interconnessi.
- **Riutilizzabilità**: L'uso di classi e l'ereditarietà (relazione *is-a*) consentono di riutilizzare il codice in nuovi progetti senza riscriverlo, limitando gli effetti collaterali sul codice con cui interagiscono. Le classi base possono essere estese per creare nuove classi con funzionalità aggiuntive, mantenendo al contempo la compatibilità con il codice esistente.
- **Facilità di manutenzione**: L'incapsulamento e l'astrazione riducono la complessità perché permettono una migliore assegnazione logica dei principi usati nella progettazione dell'applicazione alle singole classi. Ciò facilita la manutenzione del codice, poiché nella modifica si possono individuare rapidamente le istruzioni impattate. La relazione *has-a* contribuisce ulteriormente alla manutenzione isolando le responsabilità all'interno delle classi.
- **Estendibilità**: Le classi possono essere estese (relazione *is-a*) per aggiungere nuove funzionalità senza modificare il codice già preesistente, riducendo così gli impatti per il codice che ne dipende. Questo approccio facilita l'integrazione di nuove caratteristiche e miglioramenti, mantenendo la stabilità del sistema.

Anche se sussistono dei caveat:

- **Complessità iniziale**: L'OOP può essere complesso da apprendere e implementare correttamente per i nuovi programmatori.
- **Overhead di prestazioni**: L'uso intensivo di oggetti può introdurre un overhead di memoria e prestazioni rispetto alla programmazione procedurale.
- **Abuso di ereditarietà**: L'uso improprio dell'ereditarietà può portare a gerarchie di classi troppo complesse e difficili da gestire, quindi, producendo un effetto opposto ad una delle ragioni di esistenza del concetto, cioè la semplicità di comunicazione della progettazione del software.

2.4.1. Esempio in Java

In questo esempio, la classe **Animale** rappresenta un tipo di dato generico con un attributo **nome** e un metodo **faiVerso**. La classe **Cane** specializza **Animale**, usando l'attributo **nome** e sovrascrivendo il metodo **faiVerso**,

per fornire un'implementazione coerente colle sue caratteristiche. La classe `Main` crea un'istanza di `Cane` e chiama il suo metodo `faiVerso` (*annotato con `@Override`¹*), dimostrando il polimorfismo e l'ereditarietà:

```
class Animale {
    String nome;

    Animale(String nome) {
        this.nome = nome;
    }

    void faiVerso() {
        System.out.println("L'animale fa un verso");
    }
}

class Cane extends Animale {

    Cane(String nome) {
        super(nome);
    }

    @Override
    void faiVerso() {
        System.out.println("Il cane abbaia");
    }
}

public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        Animale mioCane = new Cane("Fido");

        mioCane.faiVerso();
    }
}
```

- ① Definizione della classe `Animale` che ha il doppio compito di provvedere all'implementazione per una caratteristica comune (`nome` e `descrizione()`) e una particolare (`faiVerso()`).
- ② Definizione della classe derivata `Cane`.
- ③ `@Override` indica in esplicito che il `faiVerso()` del `Cane` sovrascrive (non eredita) il `faiVerso()` di `Animale`.
- ④ Output: `Il cane abbaia`.

In realtà, se gli oggetti devono rappresentare animali reali vorrà dire che non deve essere possibile crearne dalla matrice `Animale`. Vediamo, quindi, come implementare il medesimo esempio con una classe *astratta*, cioè una classe che non può essere usata per generare direttamente oggetti, sempre in Java.

¹In Java, l'annotazione `@Override` è opzionale, ma altamente consigliata. Non omettere l'annotazione `@Override` non causerà un errore di compilazione o di runtime. Tuttavia, l'uso di `@Override` offre dei vantaggi importanti perché, innanzitutto, il compilatore può verificare che il metodo stia effettivamente sovrascrivendo uno nella classe base e segnalare un errore in caso contrario. Inoltre, l'annotazione migliora la leggibilità del codice perché indica chiaramente al lettore come il metodo è inteso rispetto all'ereditarietà.

2. I paradigmi di programmazione

Nel caso pratico, ogni animale ha il suo verso, quindi dobbiamo costringere il programmatore che vuole implementare classi corrispondenti ad animali reali, ad aggiungere tassativamente il metodo `faiVerso()` per comunicarne la caratteristica distintiva. Una modalità è marciare `Animale` e il suo metodo da caratterizzare (`faiVerso()`), con costrutti ad hoc perché siano, rispettivamente, identificata come classe astratta (per mezzo della parola riservata `abstract`) e metodo da implementare. Al contempo, `Cane` non subisce specifiche modifiche sintattiche, ma deve rispettare il vincolo (implementare `faiVerso()`) perché, ereditando le caratteristiche di `Animale`, possa essere una classe concreta, cioè da cui si possono creare oggetti.

Il codice risultante è:

```
abstract class Animale { ①
    String nome;

    Animale(String nome) {
        this.nome = nome;
    }

    abstract String faiVerso(); ②

    String descrizione() { ③
        return "L'animale si chiama " + nome;
    }
}

class Cane extends Animale { ④

    Cane(String nome) {
        super(nome);
    }

    @Override
    String faiVerso() {
        return "Il cane abbaia";
    }
}

class Coccodrillo extends Animale { ⑤

    Coccodrillo(String nome) {
        super(nome);
    }

    @Override
    String faiVerso() { ⑥
        return "";
    }
}

public class Main {
    public static void main(String[] args) {
```

```

    Animale mioCane = new Cane("Fido");

    System.out.println(mioCane.descrizione());
    System.out.println(mioCane.faiVerso());

    Animale mioCoccodrillo = new Coccodrillo("Crocky");

    System.out.println(mioCoccodrillo.descrizione());
    System.out.println(mioCoccodrillo.faiVerso());
}
}

```

- ① Definizione della classe astratta che ha il doppio compito di fornire una implementazione di default per una caratteristica comune (**nome**) e un vincolo di implementazione nelle classe derivate per una seconda caratteristica comune non implementabile nello stesso modo per tutte (**faiVerso()**).
- ② Metodo astratto **faiVerso()** che le classi corrispondenti ad animali reali dovranno implementare e che dovrà restituire una stringa.
- ③ Metodo concreto **faiVerso()** che restituisce una stringa.
- ④ Definizione della classe derivata **Cane**.
- ⑤ Definizione della classe derivata **Coccodrillo**.
- ⑥ Il coccodrillo non emette versi!
- ⑦ Stampa: L'animale si chiama Fido.
- ⑧ Stampa: Il cane abbaia.
- ⑨ Stampa: L'animale si chiama Crocky.
- ⑩ Non stampa nulla perché il coccodrillo non emette versi!

2.4.2. Template

I **template**, o **generics**, non sono specifici dell'OOP, anche se sono spesso associati a esso. I template permettono di scrivere funzioni, classi, e altri costrutti di codice in modo generico, cioè indipendente dal tipo dei dati che manipolano. Questo concetto è particolarmente utile per creare librerie e moduli riutilizzabili e flessibili.

Ad esempio, definiamo la classe **Box** nel modo seguente:

```

template <typename T>
class Box {
    T value;

public:
    void setValue(T val) { value = val; }

    T getValue() { return value; }
};

```

- ① La keyword **template** definisce un template di classe che può lavorare con qualsiasi tipo **T** specificato al momento dell'uso.
- ② Dichiarazione della classe **Box** che utilizza il template di tipo **T**.
- ③ Dichiarazione del membro dati **value** di tipo **T**, che rappresenta il valore contenuto nella scatola.
- ④ Metodo pubblico **setValue** che imposta il valore del membro dati **value** con il parametro **val** di tipo **T**.

2. I paradigmi di programmazione

⑤ Metodo pubblico `getValue` che restituisce il valore del membro dati `value` di tipo `T`.

`Box` può contenere un valore di qualsiasi tipo specificato al momento della creazione dell'istanza per mezzo del template `T`:

```
Box<int> intBox; ①

intBox.setValue(123); ②
int x = intBox.getValue(); ③

Box<std::string> stringBox; ④

stringBox.setValue("Hello, World!"); ⑤
std::string str = stringBox.getValue(); ⑥
```

- ① Creazione di un'istanza di `Box` con tipo `int`, chiamata `intBox`.
- ② Chiamata del metodo `setValue` per impostare il valore di `intBox` a 123.
- ③ Chiamata del metodo `getValue` per ottenere il valore di `intBox` e assegnarlo alla variabile `x` di tipo `int`.
- ④ Creazione di un'istanza di `Box` con tipo `std::string`, chiamata `stringBox`.
- ⑤ Chiamata del metodo `setValue` per impostare il valore di `stringBox` a "Hello, World!".
- ⑥ Chiamata del metodo `getValue` per ottenere il valore di `stringBox` e assegnarlo alla variabile `str` di tipo `std::string`.

Anche nei linguaggi non orientati agli oggetti, i template trovano applicazione. Ad esempio, in Rust, un linguaggio di programmazione sistemistica non puramente OOP, il codice seguente restituisce il valore più grande di una lista:

```
fn largest<T: PartialOrd>(list: &[T]) -> &T { ①
    let mut largest = &list[0]; ②

    for item in list { ③
        if item > largest { ④
            largest = item; ⑤
        }
    }
    largest ⑥
}

fn main() { ⑦
    let numbers = vec![34, 50, 25, 100, 65]; ⑧
    let max = largest(&numbers); ⑨

    println!("The largest number is {}", max); ⑩
}
```

- ① Definizione della funzione generica `largest` che accetta una lista di riferimenti a un tipo `T` che implementa il tratto `PartialOrd` e restituisce un riferimento a un valore di tipo `T`.
- ② Inizializzazione della variabile `largest` con il primo elemento della lista.
- ③ Iterazione attraverso ogni elemento della lista.
- ④ Controllo se l'elemento corrente `item` è maggiore di `largest`.
- ⑤ Se `item` è maggiore, aggiornamento della variabile `largest` con `item`.

- ⑥ Restituzione di `largest`, che è il riferimento al più grande elemento trovato nella lista.
- ⑦ Definizione della funzione `main`, punto di ingresso del programma.
- ⑧ Creazione di un vettore di numeri interi `numbers`.
- ⑨ Chiamata della funzione `largest` con un riferimento a `numbers` e assegnazione del risultato a `max`.
- ⑩ Stampa del valore più grande trovato nella lista usando la macro `println!`.

2.4.3. Metaprogrammazione

La metaprogrammazione è un paradigma che consente al programma di trattare il codice come dati, permettendo al codice di generare, manipolare o eseguire altro codice. Anche questo concetto non è esclusivo dell'OOP. In C++, la metaprogrammazione è strettamente legata ai template. Un esempio classico è la template meta-programming (TMP), che permette di eseguire calcoli a tempo di compilazione.

Un esempio è il codice seguente di calcolo del fattoriale:

```
template<int N>
struct Factorial {
    static const int value = N * Factorial<N - 1>::value; ①
};

template<>
struct Factorial<0> {
    static const int value = 1; ②
};
```

- ① Questa riga definisce un membro statico `value` della struttura `Factorial`. Per un dato `N`, il valore viene calcolato come `N` moltiplicato per il valore del fattoriale di `N - 1`. Questo è un esempio di ricorsione a livello di metaprogrammazione template.
- ② Questa riga è una specializzazione del template `Factorial` per il caso base quando `N` è 0. In questo caso, `value` è definito come 1, terminando la ricorsione template.

La metaprogrammazione è presente anche in linguaggi non OOP come Lisp, che utilizza le macro per trasformare e generare codice. Un esempio è il codice proposto di seguito dove è definita la macro `when`, che prende due parametri in input, cioè `test` e `body`, ove `test` è un'espressione condizionale e `body` un insieme di istruzioni da eseguire se la condizione è vera:

```
(defmacro when (test &rest body)
  `(if ,test
      (progn ,@body)))
```

Commento riga per riga:

1. Definizione di una macro chiamata `when`, che accetta un `test` e un numero variabile di espressioni (`body`).
2. La macro espande in un'espressione `if` che valuta `test`. Se `test` è vero, esegue le espressioni contenute in `body`.
3. `progn` è utilizzato per racchiudere ed eseguire tutte le espressioni in `body` in sequenza. L'operatore `,@` è usato per spalmare gli elementi di `body` nell'espressione `progn`.

Vediamo un esempio pratico di come si utilizza la macro `when`. Il test è valutare se `x` è maggiore di 10 e, nel caso, stampare "`x is greater than 10`" e poi assegnare `x` a 0. Chiamiamo la macro con i due parametri:

2. I paradigmi di programmazione

```
(when (> x 10)
  (print "x is greater than 10")
  (setf x 0))
```

Commento riga per riga:

1. Invocazione della macro `when` con la condizione `> x 10`.
2. Se la condizione è vera, viene eseguita l'istruzione `(print "x is greater than 10")`, che stampa il messaggio.
3. Successivamente, viene eseguita l'istruzione `(setf x 0)`, che assegna il valore 0 a `x`.

Questo viene espanso in:

```
(if (> x 10)
  (progn
    (print "x is greater than 10")
    (setf x 0)))
```

Commento riga per riga:

1. L'istruzione `if` valuta la condizione `> x 10`.
2. Se la condizione è vera, viene eseguito il blocco `progn`.
3. All'interno del blocco `progn`, viene eseguita l'istruzione `(print "x is greater than 10")`.
4. Infine, viene eseguita l'istruzione `(setf x 0)` all'interno del blocco `progn`.

2.5. Il paradigma dichiarativo

La **programmazione dichiarativa** è un paradigma di programmazione che si focalizza sul *cosa* deve essere calcolato piuttosto che sul *come* calcolarlo. In altre parole, i programmi dichiarativi descrivono il risultato desiderato senza specificare esplicitamente i passaggi per ottenerlo. Questo è in netto contrasto con la programmazione imperativa, dove si fornisce una sequenza dettagliata di istruzioni per modificare lo stato del programma.

La programmazione dichiarativa ha radici nella logica e nella matematica, ed è emersa come un importante paradigma negli anni '70 e '80 con l'avvento di linguaggi come Prolog (per la programmazione logica) e SQL (per la gestione dei database). La programmazione funzionale, con linguaggi come Haskell, è anch'essa una forma di programmazione dichiarativa.

I concetti principali associati alla programmazione dichiarativa sono:

- **Descrizione del risultato:** I programmi dichiarativi descrivono le proprietà del risultato desiderato senza specificare l'algoritmo per ottenerlo. Esempio: In SQL, per ottenere tutti i record di una tabella con un certo valore, si scrive una query che descrive la condizione, non un algoritmo che scorre i record uno per uno.
- **Assenza di stato esplicito:** La programmazione dichiarativa evita l'uso esplicito di variabili di stato e di aggiornamenti di stato. Ciò riduce i rischi di effetti collaterali e rende il codice più facile da comprendere e verificare.
- **Idempotenza:** Le espressioni dichiarative sono spesso idempotenti, cioè possono essere eseguite più volte senza cambiare il risultato. Questo è particolarmente utile per la concorrenza e la parallelizzazione.

Il vantaggio principale è relativo alla sua chiarezza perché ci si concentra sul risultato desiderato piuttosto che sui dettagli di implementazione.

La programmazione imperativa specifica come ottenere un risultato mediante una sequenza di istruzioni, modificando lo stato del programma. La programmazione dichiarativa, al contrario, specifica cosa deve essere ottenuto senza descrivere i dettagli di implementazione. In termini di livello di astrazione, la programmazione dichiarativa si trova a un livello superiore rispetto a quella imperativa.

2.5.1. Linguaggi

Ecco una lista di alcuni linguaggi di programmazione dichiarativi:

1. SQL (Structured Query Language): Utilizzato per la gestione e l'interrogazione di database relazionali.
2. Prolog: Un linguaggio di programmazione logica usato principalmente per applicazioni di intelligenza artificiale e linguistica computazionale.
3. HTML (HyperText Markup Language): Utilizzato per creare e strutturare pagine web.
4. CSS (Cascading Style Sheets): Utilizzato per descrivere la presentazione delle pagine web scritte in HTML o XML.
5. XSLT (Extensible Stylesheet Language Transformations): Un linguaggio per trasformare documenti XML in altri formati.
6. Haskell: Un linguaggio funzionale che è anche dichiarativo, noto per la sua pura implementazione della programmazione funzionale.
7. Erlang: Un linguaggio utilizzato per sistemi concorrenti e distribuiti, con caratteristiche dichiarative.
8. VHDL (VHSIC Hardware Description Language): Utilizzato per descrivere il comportamento e la struttura di sistemi digitali.
9. Verilog: Un altro linguaggio di descrizione hardware usato per la modellazione di sistemi elettronici.
10. XQuery: Un linguaggio di query per interrogare documenti XML.

Questi linguaggi rappresentano diversi ambiti di applicazione, dai database alla descrizione hardware, e sono accomunati dall'approccio dichiarativo nel quale si specifica cosa ottenere piuttosto che come ottenerlo.

Nota

SQL è uno degli esempi più diffusi di linguaggio di programmazione dichiarativo. Le query SQL descrivono i risultati desiderati piuttosto che le procedure operative.

Una *stored procedure* in PL/SQL (Procedural Language/SQL) combina SQL con elementi di linguaggi di programmazione procedurali come blocchi di codice, condizioni e cicli. PL/SQL è quindi un linguaggio procedurale, poiché consente di specificare *come* ottenere i risultati attraverso un flusso di controllo esplicito, rendendolo non puramente dichiarativo. PL/SQL è utilizzato principalmente con il database Oracle.

Un'alternativa a PL/SQL è T-SQL (Transact-SQL), utilizzato con Microsoft SQL Server e Sybase ASE. Anche T-SQL estende SQL con funzionalità procedurali simili, consentendo la scrittura di istruzioni condizionali, cicli e la gestione delle transazioni. Come PL/SQL, T-SQL è un linguaggio procedurale e non puramente dichiarativo.

Esistono anche estensioni ad oggetti come il PL/pgSQL (Procedural Language/PostgreSQL) per il database PostgreSQL.

2.5.2. Esempio in SQL

Esempio di una query SQL che estrae tutti i nomi degli utenti con età maggiore di 30:

Certamente! Ecco il codice SQL con i commenti identificati da un ID progressivo e l'elenco esplicativo:

```
SELECT nome
FROM utenti
WHERE età > 30;
```

①
②
③

- ① Seleziona la colonna `nome`.
- ② Dalla tabella `utenti`.
- ③ Per le righe dove la colonna `età` è maggiore di 30.

2.5.3. Esempio in Prolog

In Prolog, si definiscono fatti e regole che descrivono relazioni logiche. Il motore di inferenza di Prolog utilizza queste definizioni per risolvere query, senza richiedere un algoritmo dettagliato. Di seguito, sono definiti due fatti (le prime due righe) e due regole (la terza e la quarta) e quindi si effettua una query che dà come risultato `true`:

```
genitore(padre, figlio).
genitore(madre, figlio).
antenato(X, Y) :- genitore(X, Y).
antenato(X, Y) :- genitore(X, Z), antenato(Z, Y).

?- antenato(padre, figlio).
```

Commento riga per riga:

- 1. Questa regola dichiara che `padre` è genitore di `figlio`.
- 2. Questa regola dichiara che `madre` è genitore di `figlio`.
- 3. Questa regola stabilisce che `X` è antenato di `Y` se `X` è genitore di `Y`.
- 4. Questa regola stabilisce che `X` è antenato di `Y` se `X` è genitore di `Z` e `Z` è antenato di `Y`.
- 5. Riga vuota.
- 6. Questa è una query che chiede se `padre` è un antenato di `figlio`.

2.6. Il paradigma funzionale

La **programmazione funzionale** è un paradigma di programmazione che tratta il calcolo come la valutazione di funzioni matematiche ed evita lo stato mutabile e i dati modificabili. I programmi funzionali sono costruiti applicando e componendo funzioni. Questo paradigma è stato ispirato dal calcolo lambda, una formalizzazione matematica del concetto di funzione. La programmazione funzionale è un paradigma alternativo alla programmazione imperativa, che descrive la computazione come una sequenza di istruzioni che modificano lo stato del programma.

La programmazione funzionale ha radici storiche che risalgono agli anni '30, con il lavoro di Alonzo Church sul calcolo lambda. I linguaggi di programmazione funzionale hanno iniziato a svilupparsi negli anni '50 e '60 con Lisp, ma è stato negli anni '70 e '80 che linguaggi come ML e Haskell hanno consolidato questo paradigma.

Haskell, in particolare, è stato progettato per esplorare nuove idee in programmazione funzionale e ha avuto un impatto significativo sulla ricerca e sulla pratica del software.

La programmazione funzionale è una forma di programmazione dichiarativa che si basa su funzioni pure e immutabilità. Entrambi i paradigmi evitano stati mutabili e si concentrano sul risultato finale, ma la programmazione funzionale utilizza funzioni matematiche come unità fondamentali di calcolo.

Concetti fondamentali:

- **Immutabilità:** I dati sono immutabili, il che significa che una volta creati non possono essere modificati. Questo riduce il rischio di effetti collaterali e rende il codice più prevedibile.
- **Funzioni di prima classe e funzioni di ordine superiore:** Le funzioni possono essere passate come argomenti a altre funzioni, ritornate da funzioni, e assegnate a variabili. Le funzioni di ordine superiore accettano altre funzioni come argomenti o restituiscono funzioni.
- **Purezza:** Le funzioni pure sono funzioni che, dato lo stesso input, restituiscono sempre lo stesso output e non causano effetti collaterali. Questo rende il comportamento del programma più facile da comprendere e prevedere.
- **Trasparenza referenziale:** Un'espressione è trasparentemente referenziale se può essere sostituita dal suo valore senza cambiare il comportamento del programma. Questo facilita l'ottimizzazione e il reasoning sul codice.
- **Ricorsione:** È spesso utilizzata al posto di loop iterativi per eseguire ripetizioni, poiché si adatta meglio alla natura immutabile dei dati e alla definizione di funzioni.
- **Composizione di funzioni:** Consente di costruire funzioni complesse combinando funzioni più semplici. Questo favorisce la modularità e la riusabilità del codice.

Il paradigma funzionale ha diversi vantaggi:

- **Prevedibilità e facilità di test:** Le funzioni pure e l'immutabilità rendono il codice più prevedibile e più facile da testare, poiché non ci sono stati mutabili o effetti collaterali nascosti.
- **Concorrenza:** La programmazione funzionale è ben adatta alla programmazione concorrente e parallela, poiché l'assenza di stato mutabile riduce i problemi di sincronizzazione e competizione per le risorse.
- **Modularità e riutilizzabilità:** La composizione di funzioni e la trasparenza referenziale facilitano la creazione di codice modulare e riutilizzabile.

E qualche svantaggio:

- **Curva di apprendimento:** La programmazione funzionale può essere difficile da apprendere per chi proviene da paradigmi imperativi o orientati agli oggetti, a causa dei concetti matematici sottostanti e della diversa mentalità necessaria.
- **Prestazioni:** In alcuni casi, l'uso intensivo di funzioni ricorsive può portare a problemi di prestazioni, come il consumo di memoria per le chiamate ricorsive. Tuttavia, molte implementazioni moderne offrono ottimizzazioni come la ricorsione di coda (in inglese, *tail recursion*).
- **Disponibilità di librerie e strumenti:** Alcuni linguaggi funzionali potrebbero non avere la stessa ampiezza di librerie e strumenti disponibili rispetto ai linguaggi imperativi più diffusi.

2.6.1. Linguaggi

Oltre a Haskell, ci sono molti altri linguaggi funzionali, tra cui:

- Erlang: Utilizzato per sistemi concorrenti e distribuiti.
- Elixir: Costruito a partire da Erlang, è utilizzato per applicazioni web scalabili.
- F#: Parte della piattaforma .NET, combina la programmazione funzionale con lo OOP.
- Scala: Anch'esso combina programmazione funzionale e orientata agli oggetti ed è interoperabile con Java.
- OCaml: Conosciuto per le sue prestazioni e sintassi espressiva.
- Lisp: Uno dei linguaggi più antichi, multi-paradigma con forti influenze funzionali.
- Clojure: Dialecto di Lisp per la JVM, adatto alla concorrenza.
- Scheme: Dialecto di Lisp spesso usato nell'educazione.
- ML: Linguaggio influente che ha portato allo sviluppo di OCaml e F#.
- Racket: Derivato da Scheme, usato nella ricerca accademica.

2.6.2. Esempio in Haskell

Di seguito due funzioni, la prima `sumToN` è pura e somma i primi `n` numeri. `(*2)` è una funzione che prende un argomento e lo moltiplica per 2 e ciò rende la seconda funzione `applyFunction` una vera funzione di ordine superiore, poiché accetta `(*2)` come argomento oltre ad una lista, producendo come risultato il raddoppio di tutti i suoi elementi:

Certamente! Ecco il codice con i commenti identificati da un ID progressivo e l'elenco esplicativo che include le descrizioni:

```
sumToN :: Integer -> Integer
sumToN n = sum [1..n] ①

applyFunction :: (a -> b) -> [a] -> [b]
applyFunction f lst = map f lst ②

main = do
    print (sumToN 10) ③
    print (applyFunction (*2) [1, 2, 3, 4]) ④
```

- ① Definizione di una funzione pura che calcola la somma dei numeri da 1 a `n`.
- ② Funzione di ordine superiore che accetta una funzione e una lista.
- ③ Nel `main`, stampa il risultato di `sumToN 10`, che è 55.
- ④ Nel `main`, stampa il risultato di `applyFunction (*2) [1, 2, 3, 4]`, che è `[2, 4, 6, 8]`.

3. La sintassi dei linguaggi di programmazione

Abbiamo visto come i linguaggi di programmazione siano degli insiemi di regole formali con cui si scrivono programmi eseguibili da computer. I linguaggio di programmazione ha due componenti principali: la **sintassi** e la **semantica**.

Partiamo dalla **sintassi** di un linguaggio di programmazione che possiamo considerare come l'insieme di regole che definisce la struttura e la forma delle istruzioni, cioè le unità logiche di esecuzione del programma. È come la grammatica in una lingua naturale e stabilisce quali combinazioni di simboli sono considerate costrutti validi nel linguaggio.

Per esempio, la sintassi determina quali parole chiave, operatori, separatori e altri elementi sono ammessi e in quale ordine devono apparire. Una sintassi corretta è fondamentale per garantire che il programma sia privo di errori formali e possa essere eseguito senza problemi.

L'importanza della comprensione della sintassi è simile alla buona conoscenza della grammatica per un linguaggio naturale:

1. Leggibilità del codice: Una corretta comprensione della sintassi permette di scrivere codice più chiaro e comprensibile agli altri programmatori. Una buona formattazione e organizzazione del codice facilita la manutenzione e la collaborazione su progetti di programmazione.
2. Efficienza nella risoluzione dei problemi: Conoscere bene la sintassi del linguaggio aiuta a trovare soluzioni efficienti ai problemi, poiché si è consapevoli delle strutture e delle funzionalità native del linguaggio che possono essere utilizzate per risolvere determinati compiti.
3. Sviluppo di codice robusto e sicuro: Una comprensione approfondita della sintassi aiuta a scrivere codice più robusto e sicuro, riducendo il rischio di bug e vulnerabilità nel software.
4. Adattabilità a nuovi contesti e tecnologie: Con una solida conoscenza della sintassi di base, è più facile imparare nuovi concetti, framework e librerie nel linguaggio di programmazione, consentendoci di sfruttare il lavoro e l'innovazione prodotta da altri.
5. Possibilità di esplorazione creativa: Capire la sintassi di un linguaggio offre la flessibilità necessaria per sperimentare e innovare, consentendo ai programmatori di creare soluzioni originali e creative ai problemi.

3.1. I token

Gli elementi atomici della sintassi sono i **token**. Essi compongono tutte le istruzioni e possono essere sia prodotti dal programmatore che generati dall'analisi del testo da parte dell'interprete o compilatore. La comprensione di quali token siano validi, ci permette sia di scrivere istruzioni corrette, sia di sfruttare appieno i costrutti del linguaggio:

- Parole chiave: Sono termini riservati del linguaggio che hanno significati specifici e non possono essere utilizzati per altri scopi, come `if`, `else`, `while`, `for`, ecc.
- Operatori: Simboli utilizzati per eseguire operazioni su identificatori e letterali, come `+`, `-`, `*`, `/`, `=`, `==`, ecc.

3. La sintassi dei linguaggi di programmazione

- **Delimitatori:** Caratteri utilizzati per separare elementi del codice, come punto e virgola (;), parentesi tonde (()), parentesi quadre ([]), parentesi graffe ({}), ecc.
- **Identificatori:** Nomi utilizzati per identificare variabili, funzioni, classi, e altri oggetti.
- **Letterali:** Rappresentazioni di valori costanti nel codice, come numeri (123), stringhe ("hello"), caratteri ('a'), ecc.
- **Commento:** Non fanno parte della logica del programma e sono ignorati nell'esecuzione.
- **Spazi e tabulazioni:** Sono gruppi di caratteri non visualizzabili e spesso ignorati.

Un **lessema** è una sequenza di caratteri nel programma sorgente che corrisponde al pattern di un token ed è identificata dall'**analizzatore lessicale** come un'istanza di quel token. Un **token** è una coppia composta da un nome di token e un valore attributo opzionale. Il nome del token è un simbolo astratto che rappresenta un tipo di unità lessicale, come una particolare parola chiave o una sequenza di caratteri di input che denota un identificatore. Un **pattern** è una descrizione della forma che possono assumere i lessemi di un token. Ad esempio, nel caso di una parola chiave come token, il pattern è semplicemente la sequenza di caratteri che forma la parola chiave. Per gli identificatori e altri token, il pattern è una struttura più complessa che corrisponde a molte stringhe.

Un esempio per visualizzare i concetti introdotti:

```
if x == 10:
```

- Token coinvolti:
 - **if:** Parola chiave.
 - **NAME:** Identificatore.
 - **EQUAL:** Operatore.
 - **NUMBER:** Letterale numerico.
 - **COLON:** Delimitatore.
- Lessemi:
 - Il lessema per il token **if** è la sequenza di caratteri "if".
 - Il lessema per il token **NAME** è "x".
 - Il lessema per il token **EQUAL** è "==".
 - Il lessema per il token **NUMBER** "10".
 - Il lessema per il token **COLON** ":".
- Pattern:
 - Il pattern per il token **if** è la stringa esatta "if".
 - Il pattern per un identificatore è una sequenza di lettere e numeri che inizia con una lettera.
 - Il pattern per l'operatore **==** è la stringa esatta "==".
 - Il pattern per un letterale numerico è una sequenza di cifre.
 - Il pattern per il delimitatore **:** è la stringa esatta ":".

3.2. L'analizzatore lessicale e il parser

L'**analizzatore lessicale** (o *lexer*) è un componente del compilatore o interprete che prende in input il codice sorgente del programma e lo divide in lessemi. Esso confronta ciascun lessema con i pattern definiti per il linguaggio di programmazione e genera una sequenza di token. Questi token sono poi passati al parser.

Ad esempio, il codice `if x == 10:` viene trasformato in una sequenza di token: `[IF, NAME(x), EEQUAL, NUMBER(10), COLON]`.

Il **parser** è un altro componente del compilatore o interprete che prende in input la sequenza di token generata dall'analizzatore lessicale e verifica che la sequenza rispetti le regole sintattiche del linguaggio di programmazione. Il parser analizza i token per formare una struttura gerarchica che rappresenti le relazioni grammaticali tra di essi. Questa struttura interna è spesso un albero di sintassi (*parse tree* o *syntax tree*), che riflette la struttura grammaticale del codice sorgente, solitamente descritta usando una forma standard di notazione come la BNF (Backus-Naur Form) o varianti di essa ¹. L'albero di sintassi ottenuto viene utilizzato per le successive fasi di compilazione o interpretazione, come quella di analisi semantica e di generazione del codice eseguibile. Ad esempio, il parser può verificare che le espressioni aritmetiche siano ben formate, che le istruzioni siano correttamente annidate e che le dichiarazioni di variabili siano valide.

3.3. Le espressioni

Un'espressione è una combinazione di lessemi che viene valutata per produrre un risultato. Le espressioni sono fondamentali nei linguaggi di programmazione perché permettono di eseguire calcoli, prendere decisioni e manipolare dati.

Ecco alcune tipologie di espressioni (notazioni in Python, ma non molto dissimili da altri linguaggi):

1. Espressioni aritmetiche: Combinano letterali numerici, identificatori valorizzabili in numeri e operatori aritmetici per eseguire calcoli matematici. Esempi: `5 + 3`, `y / 4.0`, `"Hello, " + "world!"`.
2. Espressioni logiche: Applicano operatori logici per valutare condizioni e produrre valori booleani (vero o falso) a letterali e identificatori. Esempi: `x or 5`, `not y`, `a and b`.
3. Espressioni di confronto: Confrontano due valori usando operatori di confronto e restituiscono valori booleani, sempre a partire da letterali e identificatori. Esempi: `x < y`, `x != 42`, `a >= b`.
4. Espressioni di chiamata a funzione: Invocano identificatori particolari, funzioni e metodi di oggetti, spesso con parametri definiti da identificatori e letterali, per eseguire operazioni più complesse. Esempi: `max(a, b)`, `sin(theta)`, `my_function(x, 42)`.
5. Espressioni di manipolazione di contenitori di dati: Creano e manipolano strutture dati come liste, dizionari, tuple e insiemi contenenti identificatori e letterali. Esempi: `[1, x, 3]`, `{ 'key': 'value' }`, `('y', 42)`.
6. Espressioni condizionali (ternarie): Valutano espressioni e restituiscono un valore basato sul risultato. Esempi: `x if x > y else y`, `'Even' if n % 2 == 0 else 'Odd'`.

¹La BNF (Backus-Naur form o Backus normal form) è una metasintassi, ovvero un formalismo attraverso cui è possibile descrivere la sintassi di linguaggi formali (il prefisso meta ha proprio a che vedere con la natura circolare di questa definizione). Si tratta di uno strumento molto usato per descrivere in modo preciso e non ambiguo la sintassi dei linguaggi di programmazione, dei protocolli di rete e così via, benché non manchino in letteratura esempi di sue applicazioni a contesti anche non informatici e addirittura non tecnologici. Un esempio è la grammatica di Python.

3. La sintassi dei linguaggi di programmazione

Le espressioni si possono comporre in espressioni più complesse come accade per quelle matematiche pur che siano rispettate le regole di compatibilità tra operatori, identificatori e letterali; esempio `(x < y) and sin(theta)`.

3.4. Le istruzioni semplici

Le **istruzioni semplici** sono operazioni atomiche secondo il linguaggio e sono costituite da tutti i tipi di lessemi per compiere operazioni di base. I linguaggi di programmazione presentano delle istruzioni *condivise* nel senso di fondamentali che hanno solo minime differenze ed altre più particolari, perché dipendenti da specificità dalla progettazione del linguaggio. Ciò potrebbe essere anche solo questione di sintassi più che rappresentanti nuovi concetti.

Di seguito un elenco di istruzioni semplici, alcune standard cioè presenti in tutti o la gran parte dei linguaggi considerati, altre specifiche ma che mettono in evidenza aspetti rilevanti di progettazione:

- **Espressioni:** È eseguibile dal compilatore o interprete, quindi, è una delle istruzioni semplici più importanti quando a sé stante, ma sono presenti anche all'interno di istruzioni semplici e composte. Alcuni esempi in vari linguaggi di somma di due identificatori:

- In Python: `x + y`.
- In Java: `x + y`;
- In C: `x + y`;
- In C++: `x + y`;

- **Dichiarazione di variabili:** La dichiarazione di una variabile introduce una nuova variabile nel programma e specifica il suo tipo². La dichiarazione non assegna necessariamente un valore iniziale alla variabile. Esempi:

- In Python la dichiarazione avviene automaticamente con l'assegnazione, anche se è possibile annotare il tipo di una variabile, ad esempio `x: int = 5`, anche se ciò non costringe il programmatore a utilizzare `x` on interi.
- In Java: `int x`;
- In C: `int x`;
- In C++: `int x`;

- **Assegnazione:** Utilizza un operatore di assegnazione (ad esempio, `=`) per attribuire un valore rappresentato da un letterale, una espressione o un identificatore, ad un identificatore di variabile, che possiamo pensare come un nome simbolico rappresentante una posizione dove è memorizzato un valore. In alcuni linguaggi deve essere preceduta dalla dichiarazione. Esempio:

- In Python:

```
z = (x * 2) + (y / 2)
```

- * `z`: Identificatore della variabile.
- * `=`: Operatore di assegnazione.
- * `(x * 2)`: Espressione che moltiplica `x` per 2.
- * `(y / 2)`: Espressione che divide `y` per 2.

²Spiegheremo il concetto di tipo a breve, per ora si può pensare ad esso come l'insieme dei possibili valori e operazioni che si possono effettuare su di essi.

* **+**: Operatore aritmetico che somma i risultati delle due espressioni in una più complessa. L'esecuzione dell'istruzione produce un risultato valido solo se **x** e **y** sono associate a valori numerici e ciò perché non tutte le istruzioni sintatticamente corrette sono semanticamente corrette. D'altronde ciò non deve essere preso come regola, perché se ***** fosse un operatore che ripete quanto a sinistra un numero di volte definito dal valore di destra e **/** la divisione del valore di sinistra in parti di numero pari a quanto a destra, allora **x** e **y** potrebbero essere stringhe.

– In Java: `z = (x * 2) + (y / 2);`.

– In C: `z = (x * 2) + (y / 2);`.

– In C++: `z = (x * 2) + (y / 2);`.

- **Assegnazione aumentata**: Combina un'operazione e un'assegnazione in un'unica istruzione. Esempi per una assegnazione di una variabile del valore ottenuto dalla somma di quello proprio con il numero intero 1:

– In Python: `x += 1` è come scrivere `x = x + 1`.

– In Java: `x += 1;`.

– In C: `x += 1;`.

– In C++: `x += 1;`.

- **Istruzioni di input/output**: Sono espressioni particolari ma generalmente evidenziate perché permettono di interagire con l'utente o di produrre output, spesso con sintassi ad hoc. Esempi:

– In Python: `print("Hello, World!")`.

– In Java: `System.out.println("Hello, World!");`.

– In C: `printf("Hello, World!\n");`.

– In C++: `std::cout << "Hello, World!" << std::endl;`.

- **Istruzioni di controllo del flusso**: Permettono di interrompere o continuare l'esecuzione di cicli o di saltare a una specifica etichetta nel codice. Esempi:

– In Python: `break`, `continue`.

– In Java: `break;`, `continue;`.

– In C: `break;`, `continue;`, `goto label;`.

– In C++: `break;`, `continue;`, `goto label;`.

- **Gestione della vita degli oggetti**: Include la creazione, l'utilizzo e la distruzione dei dati presenti nella memoria del computer. In alcuni linguaggi ciò è parzialmente o totalmente a carico del programmatore, mentre, all'altro estremo, è completamente gestito dal linguaggio. Esempi:

– **Creazione di oggetti**:

* In C++: `int* ptr = new int;`.

* In Java: `String str = new String("Hello, world!");`

* In Python: Non è presente una istruzione specifica giacché l'espressione `MyClass()` crea un oggetto di tipo `MyClass`.

* In C: La creazione di oggetti è spesso gestita manualmente attraverso l'allocazione di memoria dinamica con funzioni come `malloc`.

– **Distruzione di oggetti**:

* In Python: La gestione della memoria è automatica tramite il garbage collector.

* In Java: In Java, la gestione della memoria è affidata al garbage collector.

* In C++: `delete ptr;`

3. La sintassi dei linguaggi di programmazione

- * In C: `free(ptr);` (richiede `#include <stdlib.h>`).

- Eliminazione di variabili:

- * In Python: `del x`.

- Ritorno di valori: Utilizzata all'interno di funzioni per restituire un valore. Esempi:

- In Python: `return x`.

- In Java: `return x;`.

- In C: `return x;`.

- In C++: `return x;`.

- Generazione di eccezioni: Utilizzata per generare e inviare un'eccezione, cioè una interruzione della sequenza ordinaria delle istruzioni per segnalare una anomalia occorsa durante l'esecuzione. Esempi:

- In Python: `raise ValueError("Invalid input")`.

- In Java: `throw new IllegalArgumentException("Invalid input");`.

- In C++: `throw std::invalid_argument("Invalid input");`.

- In C: Non esiste un equivalente diretto, ma si possono utilizzare meccanismi come `setjmp` e `longjmp` per la gestione degli errori.

- Importazione di moduli: Permettono di importare moduli o parti di essi, cioè di utilizzare funzioni, classi, variabili e altri identificatori definiti in altri file o librerie. Esempi:

- In Python: `import math, from math import sqrt`

- In Java: `import java.util.List;`

- In C: `#include <stdio.h>`

- In C++: `#include <iostream>`

- Dichiarazioni globali e non locali: Permettono di dichiarare variabili che esistono nell'ambito globale o non locale. Esempi:

- In Python: `global x, nonlocal y`.

- In Java: Le variabili globali non sono supportate direttamente; si utilizzano campi statici delle classi.

- In C: Le variabili globali sono dichiarate al di fuori di qualsiasi funzione.

- In C++: Le variabili globali sono dichiarate al di fuori di qualsiasi funzione.

- Assert: Utilizzata per verificare se una condizione è vera e, in caso contrario, sollevare un'eccezione. Esempi:

- In Python: `assert x > 0, "x deve essere positivo"`.

- In Java: `assert x > 0 : "x deve essere positivo";`.

- In C: `assert(x > 0);` (richiede `#include <assert.h>`).

- In C++: `assert(x > 0);` (richiede `#include <cassert>`).

3.5. Le istruzioni composte e i blocchi di codice

Le **istruzioni composte** sono costituite da più istruzioni semplici e possono includere strutture di controllo del flusso, come condizioni (`if`), cicli (`for`, `while`) ed eccezioni (`try`, `catch`). Queste istruzioni sono utilizzate per organizzare il flusso di esecuzione del programma e possono contenere altre istruzioni semplici o composte al loro interno.

Un **blocco di codice** è una sezione del codice che raggruppa una serie di istruzioni che devono essere eseguite insieme. I blocchi di codice sono spesso utilizzati all'interno delle istruzioni composte per delimitare il gruppo di istruzioni che devono essere eseguite in determinate condizioni o iterazioni.

In molti linguaggi di programmazione, i blocchi di codice sono delimitati da parentesi graffe ({}), mentre in altri linguaggi, come Python, l'indentazione è utilizzata per indicare l'inizio e la fine di un blocco di codice.

Alcuni esempi di istruzione e blocco di codice:

- Esempio in C:

```
if (x > 0) {                                ①
    printf("x è positivo\n");              ②
    y = x * 2;
}
```

In questo esempio:

1. `if (x > 0)` e quanto nelle parentesi graffe è un'istruzione composta. `if` è una parola chiave seguita da una espressione tra delimitatori.
2. `{ printf("x è positivo\n"); y = x * 2; }` è un blocco di codice che viene eseguito se la condizione dell'istruzione `if` è vera. Sono presenti diversi delimitatori, una espressione e una istruzione di assegnamento.

- Esempio in Python:

```
if x > 0:                                    ①
    print("x è positivo")                  ②

    y = x * 2
```

In questo esempio:

1. `if x > 0:` è un'istruzione composta.
2. Le righe indentate sotto l'istruzione `if`, cioè `print("x è positivo")` e `y = x * 2`, costituiscono un blocco di codice che viene eseguito se la condizione dell'istruzione `if` è vera.

Alcuni esempi di istruzione e blocco di codice:

- Esempio in C:

```
if (x > 0) {                                ①
    printf("x è positivo\n");              ②
    y = x * 2;
}
```

In questo esempio:

1. `if (x > 0)` e quanto nelle parentesi graffe è un'istruzione composta.
2. `{ printf("x è positivo\n"); y = x * 2; }` è un blocco di codice che viene eseguito se la condizione dell'istruzione `if` è vera.

- Esempio in Python:

```
if x > 0: ①
    print("x è positivo") ②
    y = x * 2
```

In questo esempio:

1. `if x > 0:` è un'istruzione composta.
2. Le righe indentate sotto l'istruzione `if` (`print("x è positivo")` e `y = x * 2`) costituiscono un blocco di codice che viene eseguito se la condizione dell'istruzione `if` è vera.

Di seguito sono elencate le istruzioni composte principali, con spiegazioni e semplici esempi di sintassi per Python, Java, C e C++:

- Condizionali (`if`, `else if`, `else`): Le istruzioni condizionali permettono l'esecuzione di blocchi di codice basati su espressioni logiche.

– Python:

```
if x > 0:
    print("x è positivo")

elif x == 0:
    print("x è zero")

else:
    print("x è negativo")
```

– Java:

```
if (x > 0) {
    System.out.println("x è positivo");
} else if (x == 0) {
    System.out.println("x è zero");
} else {
    System.out.println("x è negativo");
}
```

– C:

```
if (x > 0) {
    printf("x è positivo\n");
} else if (x == 0) {
    printf("x è zero\n");
} else {
    printf("x è negativo\n");
}
```

– C++:

```
if (x > 0) {
    std::cout << "x è positivo" << std::endl;
} else if (x == 0) {
    std::cout << "x è zero" << std::endl;
} else {
```

```
std::cout << "x è negativo" << std::endl;
}
```

- Cicli (for): I cicli `for` permettono di iterare su un insieme di valori o di ripetere l'esecuzione di un blocco di codice per un numero specificato di volte.

– Python:

```
for i in range(5):
    print(i)
```

– Java:

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    System.out.println(i);
}
```

– C:

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    printf("%d\n", i);
}
```

– C++:

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {
    std::cout << i << std::endl;
}
```

Cicli (while): I cicli `while` ripetono l'esecuzione di un blocco di codice finché una condizione specificata rimane vera.

- Python:

```
while x > 0:
    print(x)

    x -= 1
```

- Java:

```
while (x > 0) {
    System.out.println(x);

    x--;
}
```

- C:

```
while (x > 0) {
    printf("%d\n", x);

    x--;
}
```

3. La sintassi dei linguaggi di programmazione

- C++:

```
while (x > 0) {  
    std::cout << x << std::endl;  
  
    x--;  
}
```

- Gestione delle eccezioni (**try**, **catch**): Le istruzioni di gestione delle eccezioni permettono di gestire errori o condizioni anomale che possono verificarsi durante l'esecuzione del programma.

- Python:

```
try:  
    value = int(input("Inserisci un numero: "))  
  
except ValueError:  
    print("Input non valido")
```

- Java:

```
try {  
    int value = Integer.parseInt(input);  
  
} catch (NumberFormatException e) {  
    System.out.println("Input non valido");  
}
```

- C++:

```
try {  
    int value = std::stoi(input);  
  
} catch (const std::invalid_argument& e) {  
    std::cout << "Input non valido" << std::endl;  
}
```

- C: C non ha un supporto nativo per la gestione delle eccezioni, ma si possono usare meccanismi come **setjmp** e **longjmp**.

```
#include <setjmp.h>  
  
jmp_buf buf; ①  
  
void error() {  
    longjmp(buf, 1); ②  
}  
  
int main() {  
    if (setjmp(buf)) { ③  
        printf("Errore rilevato\n"); ④  
    } else {  
        error(); ⑤  
    }  
}
```



```

}
return 0;
}

```

- ① Dichiarazione di una variabile di tipo `jmp_buf`.
 - ② Salta al punto salvato in `buf` con valore di ritorno 1.
 - ③ Salva il contesto di esecuzione attuale in `buf`.
 - ④ Esegue se `longjmp` viene chiamato.
 - ⑤ Chiama la funzione `error`, che salta indietro al punto `setjmp`.
- Selezione multipla (`switch`, `case`, `default`): Le istruzioni di selezione multipla permettono di eseguire uno tra diversi blocchi di codice basati sul valore di un'espressione.

– Python (a partire da Python 3.10 con `match`):

```

match x:
    case 0:
        print("x è zero")

    case 1:
        print("x è uno")

    case _:
        print("x è un altro numero")

```

– Java:

```

switch (x) {
    case 0:
        System.out.println("x è zero");

        break;

    case 1:
        System.out.println("x è uno");

        break;

    default:
        System.out.println("x è un altro numero");

        break;
}

```

– C:

```

switch (x) {
    case 0:
        printf("x è zero\n");

        break;
}

```

```
case 1:
    printf("x è uno\n");

    break;

default:
    printf("x è un altro numero\n");

    break;
}
```

– C++:

```
switch (x) {
    case 0:
        std::cout << "x è zero" << std::endl;

        break;

    case 1:
        std::cout << "x è uno" << std::endl;

        break;

    default:
        std::cout << "x è un altro numero" << std::endl;

        break;
}
```

3.6. L'organizzazione delle istruzioni in un programma

Il programma è solitamente salvato in un file di testo in righe. Queste righe possono essere classificate in righe fisiche e righe logiche.

Una **riga fisica** è una linea di testo nel file sorgente del programma, terminata da un carattere di a capo.

Esempio:

```
int x = 10;
```

①

① Questa è una riga fisica.

Una **riga logica** è una singola istruzione, che può estendersi su una o più righe fisiche.

Esempio di riga logica con più righe fisiche:

```
int y = (10 + 20 + 30 +
        40 + 50);
```

①

②

① Prima riga fisica della riga logica.

② Seconda riga fisica della riga logica.

Il concetto di righe fisiche e logiche esiste perché le istruzioni (o righe logiche) possono essere lunghe e composte, richiedendo più righe fisiche per migliorare la leggibilità e la gestione del codice.

In molti linguaggi di programmazione, l'uso di righe fisiche e logiche facilita l'organizzazione e la formattazione del codice. Ad esempio:

- **Python** utilizza l'indentazione per definire i blocchi di codice, quindi una riga logica che si estende su più righe fisiche deve continuare con una corretta indentazione. Inoltre, è possibile usare il carattere di continuazione (`\`) per indicare che una riga logica prosegue sulla riga successiva:

```
result = (10 + 20 + 30 + \
          40 + 50)
```

- **Java** e **C** utilizzano le parentesi graffe (`{}`) per delimitare i blocchi di codice, e le istruzioni possono estendersi su più righe fisiche senza il bisogno di un carattere di continuazione, grazie al punto e virgola (`;`) che termina le istruzioni:

```
int y = (10 + 20 + 30 +
        40 + 50);
```

```
int y = (10 + 20 + 30 +
        40 + 50);
```

L'uso corretto di righe fisiche e logiche migliora la leggibilità del codice, rendendolo più facile da capire e mantenere. Inoltre, una buona formattazione del codice facilita il lavoro di squadra, poiché gli sviluppatori possono facilmente seguire e comprendere la logica implementata da altri.

4. La semantica dei linguaggi di programmazione

Dopo aver esaminato la sintassi dei linguaggi di programmazione, ci concentriamo ora sulla **semantica**, l'altra componente fondamentale di un linguaggio di programmazione. Mentre la sintassi si occupa della forma e della struttura del codice, la semantica riguarda il significato delle istruzioni e come queste vengono interpretate ed eseguite dal computer.

La semantica di un linguaggio di programmazione definisce come le istruzioni sintatticamente corrette devono essere interpretate e quale effetto producono quando vengono eseguite. È il ponte tra la struttura formale del codice e il suo comportamento effettivo durante l'esecuzione.

L'importanza della comprensione della semantica è simile alla comprensione del significato delle parole e delle frasi in un linguaggio naturale:

1. Correttezza del programma: Una buona comprensione della semantica permette di scrivere programmi che non solo sono sintatticamente corretti, ma che producono anche i risultati desiderati.
2. Debugging efficace: Conoscere la semantica aiuta a identificare e correggere errori logici nel codice, che possono essere più sottili e difficili da individuare rispetto agli errori sintattici.
3. Ottimizzazione del codice: Una comprensione approfondita della semantica consente di scrivere codice più efficiente, sfruttando al meglio le caratteristiche del linguaggio.
4. Portabilità del codice: Conoscere le sfumature semantiche di diversi linguaggi aiuta a scrivere codice che si comporta in modo coerente su piattaforme diverse.
5. Comunicazione tra programmatori: Una chiara comprensione della semantica facilita la collaborazione tra sviluppatori, permettendo di discutere e ragionare sul comportamento del codice in modo preciso.

4.1. Tipi di semantica

Esistono diversi tipi di semantica nel contesto dei linguaggi di programmazione. Ciascun tipo di semantica ha un ruolo specifico e può essere particolarmente rilevante a seconda del linguaggio di programmazione o del paradigma di programmazione adottato.

4.1.1. Semantica statica

La **semantica statica** riguarda le regole che possono essere verificate durante la compilazione, senza eseguire il programma. Include il controllo dei tipi, la verifica della dichiarazione delle variabili prima del loro uso e altre regole che non dipendono dall'esecuzione del programma.

Esempio in Java:

4. La semantica dei linguaggi di programmazione

```
int x = 10;  
String y = "Hello";  
  
y = x;
```

①

- ① Il compilatore segnala un errore su questa riga perché non è possibile assegnare un valore intero a una variabile di tipo stringa.

4.1.2. Semantica dinamica

La **semantica dinamica** si riferisce al comportamento del programma durante l'esecuzione. Descrive come le istruzioni vengono eseguite e come il programma si evolve nel tempo.

Esempio in Python:

```
def divide(a, b):  
    return a / b  
  
print(divide(10, 2))  
print(divide(10, 0))
```

①

②

③

④

- ① Definizione della funzione `divide` che accetta due parametri `a` e `b`.
② La funzione `divide` ritorna il risultato della divisione di `a` per `b`.
③ `print(divide(10, 2))` stampa 5.0.
④ `print(divide(10, 0))` causa un errore a runtime per la divisione per zero.

4.1.3. Semantica operativa

La **semantica operativa** spiega come un programma esegue le sue istruzioni passo dopo passo. Immaginiamo di seguire una ricetta di cucina: la semantica operativa ci direbbe esattamente cosa fare in ogni passo, come prendere un ingrediente, mescolarlo, cuocerlo, ecc.

In termini di programmazione, la semantica operativa descrive come ogni istruzione del programma modifica lo stato del computer, come i valori delle variabili o il flusso di esecuzione. Questo tipo di semantica è spesso utilizzato per definire formalmente come dovrebbe comportarsi un linguaggio di programmazione, fornendo una guida precisa su come il codice dovrebbe essere eseguito dal computer.

Esempio in C++:

```
for (int i = 0; i < 5; i++) {  
    if (i % 2 == 0) {  
        continue;  
    }  
  
    std::cout << i << std::endl;  
}
```

①

②

③

④

1. Ciclo `for` che itera da 0 a 4.
2. Controllo condizionale per verificare se `i` è pari.
3. `continue` salta le iterazioni pari.

4. Stampa solo i valori dispari di i .

4.1.4. Semantica denotazionale

La **semantica denotazionale** è un approccio formale per definire il significato di un programma associando ogni costrutto del linguaggio a una denotazione matematica, tipicamente una funzione. Questo metodo consente di ragionare in modo rigoroso e preciso sul comportamento dei programmi.

In altre parole, ogni parte di un programma è mappata a un valore o a una funzione matematica. Questa mappatura permette di comprendere e prevedere il comportamento del programma in termini matematici, indipendentemente dall'implementazione concreta.

Consideriamo un esempio di codice in Python che filtra, ordina e somma elementi di una lista:

```
def filtra_pari(lista):
    return [x for x in lista if x % 2 == 0]

def ordina(lista):
    return sorted(lista)

def somma_primi_tre(lista):
    return sum(lista[:3])

lista = [5, 3, 8, 6, 2, 9, 1, 4, 7]

lista_pari = filtra_pari(lista)

lista_ordinata = ordina(lista_pari)

risultato = somma_primi_tre(lista_ordinata)

print(risultato)
```

- ① Definizione della funzione `filtra_pari` che accetta una lista.
- ② La funzione `filtra_pari` restituisce una nuova lista contenente solo i numeri pari.
- ③ Definizione della funzione `ordina` che accetta una lista.
- ④ La funzione `ordina` restituisce la lista ordinata.
- ⑤ Definizione della funzione `somma_primi_tre` che accetta una lista.
- ⑥ La funzione `somma_primi_tre` restituisce la somma dei primi tre elementi della lista.
- ⑦ Definizione della lista `lista` contenente numeri interi.
- ⑧ Applicazione della funzione `filtra_pari` alla lista `lista`, memorizzando il risultato in `lista_pari`.
- ⑨ Applicazione della funzione `ordina` alla lista `lista_pari`, memorizzando il risultato in `lista_ordinata`.
- ⑩ Applicazione della funzione `somma_primi_tre` alla lista `lista_ordinata`, memorizzando il risultato in `risultato`.
- ⑪ Stampa del valore di `risultato`.

La relativa mappatura denotazionale diviene:

- `filtra_pari(lista)` corrisponde a una funzione F che mappa una lista L a una lista contenente solo gli elementi pari di L .

4. La semantica dei linguaggi di programmazione

- `ordina(lista)` corrisponde a una funzione S che mappa una lista L alla lista ordinata.
- `somma_primi_tre(lista)` corrisponde a una funzione T che mappa una lista L alla somma dei suoi primi tre elementi.

Quindi, il programma può essere rappresentato come la composizione delle funzioni matematiche:

$$T(S(F(L)))$$

dove L è la lista iniziale, F è `filtra_pari`, S è `ordina`, e T è `somma_primi_tre`.

La semantica denotazionale è utilizzata per garantire la correttezza dei programmi e per la verifica formale del loro comportamento. È un approccio potente per verificare che un programma rispetti specifiche formali e per dimostrare proprietà dei programmi in modo matematico. Operativamente, lo sviluppatore definisce le mappature denotazionali per i costrutti del programma, esprimendoli come funzioni matematiche. Strumenti come Coq e Isabelle/HOL aiutano a verificare formalmente queste mappature, dimostrando che il programma soddisfa specifiche precise e comportandosi come atteso in ogni possibile scenario.

4.1.5. Semantica assiomatica

La **semantica assiomatica** è un approccio formale per definire il significato dei programmi basato su precondizioni e postcondizioni logiche. Questo metodo, sviluppato da Tony Hoare (Hoare 1969), utilizza asserzioni logiche per descrivere lo stato del programma prima e dopo l'esecuzione delle istruzioni, permettendo di dimostrare formalmente la correttezza dei programmi.

In altre parole, la semantica assiomatica stabilisce regole per verificare che un programma rispetti determinate specifiche formali. Questo è particolarmente utile per garantire che il programma funzioni correttamente in tutte le condizioni previste.

Consideriamo un semplice esempio in Python che calcola la somma di due numeri:

```
def somma(a, b):  
    return a + b  
  
print(somma(3, 4))
```

- ① Definizione della funzione `somma` che accetta due parametri `a` e `b`.
- ② La funzione `somma` restituisce la somma di `a` e `b`.
- ③ Chiamata della funzione `somma` con argomenti 3 e 4, stampa 7.

Per verificare formalmente questo codice in Coq¹:

```
(* Importazione della libreria standard di Coq *)  
Require Import Coq.Arith.Arith.  
Require Import Coq.Init.Nat.  
  
(* Definizione della funzione somma in Coq *)  
Definition somma (a b : nat) : nat := a + b.
```

¹Coq è scaricabile da Coq Official Website.


```
(* Affermazione del teorema che verifica la correttezza della funzione somma *)
Theorem somma_corretto : forall a b : nat,
  somma a b = a + b.
Proof.
  intros a b.
  unfold somma.
  reflexivity.
Qed.

(* Verifica di un caso specifico: somma 3 4 = 7 *)
Example test_somma : somma 3 4 = 7.
Proof.
  simpl.
  reflexivity.
Qed.
```

In questo codice:

- Abbiamo definito la funzione `somma` in Coq per replicare il comportamento della funzione Python.
- Abbiamo affermato e dimostrato formalmente che `somma a b` è uguale a `a + b` per tutti i numeri naturali `a` e `b`.
- Abbiamo verificato un caso specifico (`somma 3 4 = 7`) per dimostrare che il nostro teorema e la nostra funzione sono corretti.

Salviamo il codice in un file `somma.v` e, in un terminale, navighiamo nella sua directory contenente. Quindi, eseguiamo il comando:

```
coqc somma.v
```

Questo comando compila il file `somma.v` e verifica i teoremi e gli esempi al suo interno. Se tutto è corretto, non verrà restituito alcun errore.

In contesti dove la correttezza del software è critica, come nei sistemi avionici, nei dispositivi medici e nei sistemi finanziari, la verifica formale basata sulla semantica assiomatica è fondamentale. Utilizzando strumenti come Coq, Isabelle/HOL, SPARK e altri prover interattivi, gli ingegneri del software possono formalizzare le specifiche del sistema e dimostrare che il codice implementato le soddisfa.²

4.2. Elementi semantici fondamentali

Dopo aver esplorato i vari tipi di semantica nei linguaggi di programmazione, è importante comprendere i componenti fondamentali che questi tipi di semantica descrivono e regolano. Gli elementi semantici fondamentali sono i mattoni con cui costruiamo e comprendiamo il comportamento dei programmi. Tra questi, alcuni concetti come variabili, tipi di dati, espressioni, controllo del flusso, gestione della memoria, funzioni e sistemi di tipi sono cruciali per ogni linguaggio di programmazione moderno, altri sono particolari di linguaggi specifici come la concorrenza e il supporto alla programmazione ad aspetti.

Vediamo in dettaglio ciascuno di questi elementi:

²Per approfondire: (Chlipala 2022).

4. La semantica dei linguaggi di programmazione

- Variabili: Una variabile in un linguaggio di programmazione è un nome simbolico associato a una locazione di memoria in cui è memorizzato un dato. Le variabili sono utilizzate all'interno di espressioni e istruzioni, per referenziare e manipolare dati durante l'esecuzione di un programma. Il valore associato alla variabile è memorizzato nella locazione di memoria a cui la variabile fa riferimento e il tipo di dato della variabile determina come quel valore viene interpretato e quali operazioni possono essere eseguite su di esso.
 - Dichiarazione: Introduce una variabile nel programma, specificando il suo nome e, in molti linguaggi, il suo tipo di dato.
 - Definizione: Oltre a dichiarare la variabile, le assegna anche uno spazio di memoria.
 - Inizializzazione: L'assegnazione del primo valore a una variabile.
 - Ambito (inglese: *scope*): Definisce la visibilità e l'accessibilità di una variabile all'interno del codice.
 - Durata: Il periodo durante il quale una variabile mantiene valido il legame con un dato presente in memoria.
- Tipi di dati: Il tipo di dato definisce l'insieme di valori che una variabile può assumere e le operazioni che possono essere eseguite su di essa. I tipi di dato sono alla base di molte operazioni semantiche nei linguaggi di programmazione.
- Tipi primitivi: Numeri interi, numeri a virgola mobile, caratteri, booleani.
- Tipi composti: Array, strutture, classi, tuple.
- Tipi di riferimento: Puntatori, riferimenti.
- Tipi astratti: Definiti dall'utente per rappresentare concetti complessi.
- Tipi generici: Permettono di scrivere codice che può lavorare con diversi tipi di dati mantenendo la sicurezza dei tipi.

4.2.1. 3. Espressioni e operatori

Le espressioni sono combinazioni di valori, variabili e operatori che producono un risultato. Gli operatori sono simboli che rappresentano operazioni sui dati.

- Operatori aritmetici: +, -, *, /, %
- Operatori di confronto: ==, !=, <, >, <=, >=
- Operatori logici: AND, OR, NOT
- Operatori di assegnazione: =, +=, -=, *=, /=
- Operatori bit a bit: &, |, ^, ~, «, »
- Precedenza e associatività degli operatori: Determinano l'ordine in cui le operazioni vengono eseguite.

4.2.2. 4. Controllo del flusso

La semantica del controllo del flusso definisce come l'esecuzione del programma procede attraverso le istruzioni. Include vari costrutti che permettono di dirigere il flusso di esecuzione.

- Strutture condizionali: if, else, switch, ternary operator
- Cicli: for, while, do-while, foreach
- Istruzioni di salto: break, continue, return, goto
- Gestione delle eccezioni: try, catch, finally, throw

4.2.3. 5. Funzioni e procedure

Le funzioni sono blocchi di codice riutilizzabili che eseguono specifiche operazioni. Le procedure sono simili alle funzioni ma non restituiscono un valore.

- Definizione e dichiarazione: Sintassi per creare funzioni
- Parametri: Formali vs. attuali, passaggio per valore vs. riferimento
- Valori di ritorno: Tipi di ritorno, multiple return values
- Ricorsione: Funzioni che chiamano se stesse
- Overloading: Definizione di più funzioni con lo stesso nome ma parametri diversi
- Lambda e funzioni anonime: Funzioni senza nome, spesso usate come argomenti
- Funzioni in prima classe: Le funzioni possono essere trattate come dati, passate come argomenti e restituite come valori.

4.2.4. 6. Gestione della memoria

La gestione della memoria definisce come il programma alloca, utilizza e libera la memoria. Questo include il ciclo di vita delle variabili e la gestione della memoria dinamica.

- Allocazione statica: Memoria allocata al momento della compilazione
- Allocazione dinamica: Memoria allocata durante l'esecuzione
- Garbage collection: Meccanismo automatico di liberazione della memoria
- Gestione manuale della memoria: Allocazione e deallocazione esplicita (es. in C)
- Memory leaks: Problemi dovuti a memoria non correttamente deallocata

4.2.5. 7. Sistemi di tipi

Il sistema di tipi di un linguaggio definisce come i tipi vengono assegnati e controllati.

- Tipizzazione statica vs dinamica: Quando avviene il controllo dei tipi
- Tipizzazione forte vs debole: Rigidità nel controllo dei tipi
- Inferenza di tipo: Il compilatore deduce automaticamente il tipo di una variabile (es. TypeScript, Haskell)
- Polimorfismo: Capacità di un'entità di assumere più forme
- Coercizione di tipo: Conversione automatica tra tipi diversi

4.2.6. 8. Programmazione orientata agli oggetti

Paradigma di programmazione basato sul concetto di “oggetti” che contengono dati e codice.

- Classi e oggetti: Modelli e istanze
- Incapsulamento: Nascondere i dettagli implementativi
- Ereditarietà: Meccanismo per creare nuove classi basate su classi esistenti
- Polimorfismo: Capacità di oggetti di classi diverse di rispondere allo stesso messaggio
- Interfacce e classi astratte: Definizione di contratti per le classi

4.2.7. 9. Programmazione asincrona

Permette l'esecuzione di operazioni non bloccanti, migliorando l'efficienza e la reattività dei programmi.

- Promise/Future: Rappresentano il risultato di un'operazione asincrona
- async/await: Sintassi che semplifica la scrittura di codice asincrono
- Callback: Funzioni chiamate al completamento di un'operazione asincrona
- Event loop: Meccanismo per gestire operazioni asincrone

4.2.8. 10. Modularità e organizzazione del codice

La suddivisione del codice in moduli migliora la manutenibilità, la riusabilità e l'incapsulamento.

- Namespace: Meccanismo per evitare conflitti di nomi
- Moduli e pacchetti: Organizzazione del codice in unità logiche
- Import/Export: Meccanismi per condividere codice tra moduli
- Visibilità e accesso: public, private, protected

4.2.9. 11. Metaprogrammazione

Tecniche per scrivere programmi che manipolano o generano altri programmi.

- Reflection: Capacità di un programma di esaminare, introspezione e modificare la propria struttura e comportamento
- Generazione di codice: Creazione automatica di codice sorgente
- Macro: Istruzioni che vengono espanse in tempo di compilazione

4.2.10. 12. Concorrenza e parallelismo

Meccanismi per eseguire più task simultaneamente o apparentemente simultaneamente.

- Thread e processi: Unità di esecuzione concorrente
- Sincronizzazione: Meccanismi per coordinare l'esecuzione di thread (mutex, semafori)
- Parallelismo: Esecuzione simultanea su hardware multi-core

4.2.11. 13. Programmazione orientata agli aspetti

Un paradigma di programmazione che permette di separare le preoccupazioni trasversali dal codice principale.

- Aspetti: Moduli che incapsulano comportamenti trasversali
- Pointcut: Punti nel programma dove viene applicato un aspetto
- Advice: Codice che viene eseguito quando viene raggiunto un pointcut
- Weaving: Processo di applicazione degli aspetti al codice principale

Questa panoramica estesa fornisce una base solida per comprendere gli elementi semantici fondamentali dei linguaggi di programmazione moderni. Ogni concetto merita un approfondimento dettagliato, che verrà fornito nei capitoli successivi, offrendo una comprensione più approfondita e pratica di come questi elementi interagiscono per creare sistemi software complessi e potenti.

5. La variabile

Le **variabili** sono uno dei concetti fondamentali nella programmazione, essenziali per la manipolazione e la gestione dei dati. Una variabile è un nome simbolico associato a una locazione di memoria che può contenere uno o più valori di un certo tipo di dato. Questo concetto permette agli sviluppatori di astrarre dalla memoria fisica e concentrarsi sulla logica del programma.

La gestione delle variabili varia tra i diversi linguaggi di programmazione, quindi esploreremo le variabili con particolare attenzione a Python, Java, C e C++.

5.0.1. La dichiarazione e la inizializzazione

La **dichiarazione** di una variabile è il processo mediante il quale si introduce una variabile nel programma, specificandone il nome e, in molti casi, il tipo di dato che essa può contenere. Questo processo informa il compilatore o l'interprete che una certa variabile esiste e può essere utilizzata nel codice. Abbiamo visto che esiste una istruzione specifica in alcuni linguaggi, mentre in altri è implicita nella assegnazione.

L'**inizializzazione** di una variabile è il processo di assegnazione di un valore iniziale alla variabile. Questo può avvenire contestualmente alla dichiarazione o in un'istruzione separata successiva, quella di assegnamento.

Esempi:

- In Python, le variabili sono dichiarate automaticamente al momento dell'assegnazione del valore. Non è necessario specificare il tipo di dato, poiché Python è dinamicamente tipizzato, cioè determina durante l'esecuzione il tipo di dato del valore associato alla variabile.

```
x = 10
```

①

```
x = "Hello"
```

②

① Dichiarazione e inizializzazione.

② Cambia il tipo di `x` dinamicamente a stringa.

- In Java, le variabili devono essere dichiarate con un tipo di dato esplicito. La dichiarazione può avvenire contestualmente all'inizializzazione o separatamente:

```
int x;
```

①

```
x = 10;
```

②

```
int y = 20;
```

③

1. Dichiarazione.
2. Inizializzazione.
3. Dichiarazione e inizializzazione.

5. La variabile

- In C, la dichiarazione delle variabili richiede la specifica del tipo di dato. La dichiarazione e l'inizializzazione possono essere separate o combinate:

```
int x; ①  
  
x = 10; ②  
  
int y = 20; ③
```

1. Dichiarazione.
2. Inizializzazione.
3. Dichiarazione e inizializzazione.

- Il C++ è simile al C, ma con funzionalità aggiuntive come l'inizializzazione a lista:

```
int x; ①  
  
x = 10; ②  
  
int y = 20; ③  
  
int z{30}; ④  
  
int arr[5] = {1, 2, 3, 4, 5}; ⑤
```

- ① Dichiarazione.
- ② Inizializzazione.
- ③ Dichiarazione e inizializzazione.
- ④ Dichiarazione e inizializzazione a lista di `z` con l'intero 30.
- ⑤ Dichiarazione e inizializzazione a lista di un array con 5 valori predefiniti.

5.0.2. L'ambito

L'**ambito** di una variabile rappresenta la porzione del codice in cui l'identificatore della variabile è definito e, quindi, può essere utilizzato.

Gli approcci dei diversi linguaggi sono diversi, infatti Java, C e C++ hanno una gestione dell'ambito delle variabili per cui quelle dichiarate all'interno di un blocco sono limitate a quel blocco e non sono visibili al di fuori di esso. In Python, invece, le variabili definite all'interno di un blocco di un'istruzione composta (come un ciclo `for` o una condizione `if`) rimangono accessibili anche al di fuori del blocco, purché siano ancora nel medesimo ambito di funzione o modulo e, soprattutto, quel blocco sia stato eseguito.

- Le variabili con ambito **globale** sono dichiarate al di fuori di qualsiasi blocco e sono accessibili ovunque nel programma:

```
int globalVar = 10; ①  
  
void function() { ②  
    printf("%d\n", globalVar); ③  
}
```

- ① Variabile globale.

- ② Inizio del blocco.
- ③ Accesso alla variabile globale.

- Le variabili con ambito **locale** sono dichiarate all'interno di un blocco, come una funzione o un loop, e sono accessibili solo all'interno di quel blocco:

```
public class Main {  
    public static void main(String[] args) {  
        if (true) {  
            int x = 10; ①  
        }  
  
        System.out.println(x); ②  
  
        for (int i = 0; i < 10; i++) {  
            int y = i; ③  
        }  
  
        System.out.println(y); ④  
    }  
}
```

- ① Variabile locale al blocco `if`.
- ② Errore: `x` non è visibile qui!
- ③ Variabile locale al blocco `for`.
- ④ Errore: `y` non è visibile qui.

- In Python, una variabile definita all'interno di un blocco di un'istruzione composta, come all'interno di un ciclo `for` o di una condizione `if`, rimane accessibile anche dopo l'esecuzione del blocco:

```
for i in range(10):  
    loopVar = i #  
  
print(loopVar) #
```

- Variabile locale al ciclo.
- `loopVar` è ancora accessibile qui.

5.0.3. La visibilità

La **visibilità** si riferisce alla possibilità che in una regione di codice una certa variabile possa essere *vista* e utilizzata. Anche se correlata all'ambito, la visibilità può essere influenzata da altri fattori come la modularità e gli spazi di nomi (*namespace*).

- Consideriamo un esempio in C++ per illustrare la differenza tra ambito e visibilità:

```
#include <iostream>  
  
int globalVar = 10; ①  
  
void function() {  
    int localVar = 5; ②
```

5. La variabile

```
    std::cout << globalVar << std::endl;           ③
    std::cout << localVar << std::endl;           ④
}

int main() {
    function();

    std::cout << globalVar << std::endl;           ⑤
    std::cout << localVar << std::endl;           ⑥

    return 0;
}
```

- ① Variabile globale (ambito globale).
 - ② Variabile locale (ambito locale alla funzione).
 - ③ Visibilità `globalVar` all'interno della funzione.
 - ④ Visibilità `localVar` all'interno della funzione.
 - ⑤ Visibilità `globalVar` all'interno di `main`.
 - ⑥ Errore: `localVar` non è visibile qui (ambito locale alla funzione `function`).
- In Python, le variabili definite all'interno di una funzione sono locali a quella funzione, ma le variabili definite all'interno di un blocco (come un ciclo `for` o un `if`) sono visibili all'interno della funzione o del modulo in cui si trovano:

```
globalVar = 10                                     ①

def function():
    localVar = 5                                   ②

    if True:
        blockVar = 20                             ③

    print(localVar)                                ④
    print(blockVar)                                ⑤

function()

print(globalVar)                                   ⑥
print(localVar)                                    ⑦
print(blockVar)                                    ⑧
```

- ① Variabile globale.
- ② Variabile locale.
- ③ Visibile all'interno della funzione.
- ④ Visibile.
- ⑤ Visibile.
- ⑥ Visibile.
- ⑦ Errore: non visibile al di fuori della funzione.
- ⑧ Errore: non visibile al di fuori della funzione.

5.0.4. La durata di vita degli oggetti

La **durata di vita** descrive per quanto tempo un oggetto rimane in memoria durante l'esecuzione del programma. Questo è distinto dalla variabile (o puntatore) che fa riferimento all'oggetto.

In alcuni linguaggi di programmazione è presente il **garbage collector**, cioè un processo avviato dal compilatore o interprete che si occupa di rendere nuovamente disponibili le aree di memoria precedentemente occupate da oggetti non più referenziati da variabili. Questo accade quando l'esecuzione del programma raggiunge regioni di codice dove quelle variabili non sono più visibili. In questo modo, la visibilità è legata alla durata di vita degli oggetti, rendendo la gestione della memoria non più una preoccupazione del programmatore.

Distinguiamo tra **variabile automatica**, **variabile statica** e **variabile dinamica**:

- Variabile automatica: L'oggetto esiste solo durante l'esecuzione del blocco di codice in cui è stata dichiarata la variabile a cui è associato. Esempio in C:

```
void function() {  
    int autoVar = 10; ①  
}  
  
printf("autoVar cancellata!"); ②
```

- ① Dichiarazione di `autoVar` e creazione in memoria di un oggetto corrispondente all'intero 10.
- ② Prima di questa istruzione l'oggetto 10 non è più presente in memoria.

- Variabile statica: La variabile esiste per tutta la durata del programma, ma è accessibile solo all'interno del blocco in cui è dichiarata. Esempio in C:

```
void function() {  
    static int staticVar = 10; ①  
}
```

- ① Variabile statica ottenuta con una parola chiave ad hoc in fase di dichiarazione.

- Variabile dinamica: Le variabili dinamiche sono utilizzate per riservare memoria che persiste oltre la durata del blocco di codice in cui sono state create. L'oggetto è creato in memoria e deve essere cancellato esplicitamente dall'utente, utilizzando funzioni di gestione della memoria come `delete`. La variabile che punta all'oggetto è separata dall'oggetto stesso, quindi se la variabile non è più visibile, l'oggetto continuerà a rimanere in memoria e non sarà più eliminabile, causando una perdita di memoria (*memory leak*). Esempio in C++:

```
#include <iostream>  
  
void function() {  
    int* dynamicVar = new int(10); ①  
  
    std::cout << "dynamicVar: " << *dynamicVar << std::endl; ②  
}  
  
int main() { ③  
    function();  
  
    int* safeDynamicVar = new int(20); ④
```

```
std::cout << "safeDynamicVar: " << *safeDynamicVar << std::endl;

delete safeDynamicVar;

return 0;
```

- ① Allocazione dinamica di un intero all'interno della funzione `function()`.
- ② Stampa del valore puntato da `dynamicVar`. Prima della chiusura del blocco non viene deallocata `dynamicVar` per dimostrare il problema di perdita di memoria
- ③ Chiamata alla funzione `function()`. Dopo l'uscita dalla funzione, `dynamicVar` non è più accessibile, causando una perdita di memoria poiché non è stata deallocata.
- ④ Allocazione dinamica di un intero.
- ⑤ Stampa del valore puntato da `safeDynamicVar`.
- ⑥ Deallocazione dinamica dell'intero e ciò mostra il corretto uso di allocazione e deallocazione dinamica.

In Python, la gestione della memoria è automatica grazie al garbage collector. Quando non ci sono più riferimenti di variabili a un oggetto, il garbage collector lo rimuove dalla memoria.

6. Lo spazio di nomi, il modulo e il file

In molti linguaggi di programmazione, la gestione dell'ambito e della visibilità delle variabili e delle funzioni può essere ulteriormente organizzata utilizzando spazio di nomi (*namespace*), moduli, header e file separati. Questa organizzazione aiuta a evitare conflitti di nome e a mantenere il codice più modulare e manutenibile.

6.0.1. Python

In Python, i moduli sono file che contengono definizioni di variabili, funzioni e classi. I moduli possono essere importati in altri moduli o script per riutilizzare il codice. Quando un modulo viene importato, gli identificatori definiti in quel modulo (come variabili, funzioni e classi) diventano accessibili attraverso il nome del modulo. Sebbene i moduli siano spesso implementati come file separati, è possibile definirli anche all'interno di un file di codice sorgente principale.

Esempio di modulo (`mymodule.py`):

```
# mymodule.py
my_var = 10 ①

def my_function():
    print("Funzione del modulo") ②
```

- ① Variabile globale nel modulo.
- ② Funzione nel modulo.

Importazione di un modulo in un altro file sorgente (`main.py`):

```
# main.py
import mymodule ①

print(mymodule.my_var) ②
mymodule.my_function() ③
```

- ① Importazione del modulo `mymodule`.
- ② Accesso alla variabile `my_var` dal modulo `mymodule`.
- ③ Chiamata della funzione `my_function` dal modulo `mymodule`.

6.0.2. Java

In Java, i pacchetti (*package*) sono utilizzati per organizzare le classi in namespace separati. Ogni classe deve dichiarare il pacchetto di appartenenza.

Esempio di classe in un pacchetto (`mypackage/MyClass.java`):

6. Lo spazio di nomi, il modulo e il file

```
// mypackage/MyClass.java
package mypackage; ①

public class MyClass {
    public static int myVar = 10; ②

    public static void myMethod() {
        System.out.println("Metodo del pacchetto"); ③
    }
}
```

① Dichiarazione del pacchetto `mypackage`.

② Variabile globale di classe.

③ Metodo della classe.

Importazione di una classe da un pacchetto in un'altra classe (`Main.java`):

```
// Main.java
import mypackage.MyClass; ①

public class Main {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println(MyClass.myVar); ②
        MyClass.myMethod(); ③
    }
}
```

① Importazione della classe `MyClass` dal pacchetto `mypackage`.

② Accesso alla variabile `myVar` dalla classe `MyClass`.

③ Chiamata del metodo `myMethod` dalla classe `MyClass`.

6.0.3. C

In C, i file di intestazione (*header file*) sono utilizzati per dichiarare funzioni e variabili che possono essere utilizzate in più file sorgente, a mo' di libreria.

Esempio di file di intestazione (`mymodule.h`):

```
// mymodule.h
#ifndef MYMODULE_H
#define MYMODULE_H

extern int myVar; ①

void myFunction(); ②

#endif
```

① Dichiarazione della variabile globale `myVar`.

② Dichiarazione della funzione `myFunction`.

Esempio di file sorgente (`mymodule.c`):

```
#include "mymodule.h"

int myVar = 10; ①

void myFunction() {
    printf("Funzione del modulo\n"); ②
}
```

① Definizione della variabile globale `myVar`.

② Definizione della funzione `myFunction`.

Utilizzo del file di intestazione in un altro file sorgente (`main.c`):

```
#include <stdio.h>
#include "mymodule.h" ①

int main() {
    printf("%d\n", myVar); ②

    myFunction(); ③

    return 0;
}
```

① Inclusione del file di intestazione `mymodule.h`.

② Accesso alla variabile `myVar` dichiarata in `mymodule.h`.

③ Chiamata della funzione `myFunction` dichiarata in `mymodule.h`.

6.0.4. C++

In C++, la parola chiave `namespace` è utilizzata per organizzare le classi, le funzioni e le variabili in spazi di nomi separati, simili ai pacchetti in Java.

Esempio di dichiarazione di uno spazio di nomi (`mymodule.h`):

```
#ifndef MYMODULE_H
#define MYMODULE_H

namespace mynamespace {
    extern int myVar; ②

    void myFunction(); ③
}

#endif ①
```

① Dichiarazione dello spazio di nomi `mynamespace`.

② Dichiarazione della variabile globale `myVar` all'interno dello spazio di nomi.

6. Lo spazio di nomi, il modulo e il file

③ Dichiarazione della funzione `myFunction` all'interno dello spazio di nomi.

Esempio di definizione dello spazio di nomi (`mymodule.cpp`):

```
#include "mymodule.h"
#include <iostream>

namespace mynamespace {
    int myVar = 10; ①

    void myFunction() {
        std::cout << "Funzione del namespace" << std::endl; ②
    }
}
```

① Definizione della variabile globale `myVar` all'interno dello spazio di nomi.

② Definizione della funzione `myFunction` all'interno dello spazio di nomi.

Utilizzo dello spazio di nomi in un altro file sorgente (`main.cpp`):

```
#include "mymodule.h"
#include <iostream>

int main() {
    std::cout << mynamespace::myVar << std::endl; ①
    mynamespace::myFunction(); ②
    return 0;
}
```

① Accesso alla variabile `myVar` all'interno dello spazio di nomi `mynamespace`.

② Chiamata della funzione `myFunction` all'interno dello spazio di nomi `mynamespace`.

6.0.5. Impatti

L'uso di spazio di nomi, moduli e file di intestazione influisce sull'ambito e sulla visibilità delle variabili e delle funzioni. In generale, questi meccanismi consentono una maggiore modularità e organizzazione del codice, facilitando la gestione di grandi progetti.

- **Ambito:** L'ambito delle variabili e delle funzioni può essere limitato a uno spazio di nomi o a un modulo, riducendo il rischio di conflitti di nome.
- **Visibilità:** Le variabili e le funzioni dichiarate in namespace o moduli possono essere visibili solo all'interno di quel namespace o modulo, a meno che non vengano esplicitamente esportate.
- **Durata di vita degli oggetti:** La durata di vita degli oggetti non è direttamente influenzata dallo spazio di nomi o moduli, ma l'organizzazione del codice può rendere più chiaro quando e dove gli oggetti vengono creati e distrutti.

6.0.6. La variabile e il tipo di dato

Una **variabile** in un linguaggio di programmazione è un nome simbolico associato a una locazione di memoria. Le variabili sono utilizzate per referenziare e manipolare dati durante l'esecuzione di un programma. Il valore associato alla variabile è memorizzato nella locazione di memoria a cui la variabile fa riferimento, e il tipo di dato della variabile determina come quel valore viene interpretato e quali operazioni possono essere eseguite su di esso.

Due operazioni importanti con le variabili sono:

- **Dichiarazione:** Introduce una variabile nel programma, specificando il suo nome e, in molti linguaggi, il suo tipo di dato. La dichiarazione informa il compilatore o l'interprete che una variabile esiste.
- **Definizione:** Oltre a dichiarare la variabile, le assegna anche uno spazio di memoria.

La gestione di queste operazioni varia significativamente tra linguaggi con **tipizzazione statica** e **tipizzazione dinamica**:

- Linguaggi con tipizzazione statica (come Java, C++, TypeScript):
 - Richiedono generalmente una dichiarazione esplicita del tipo di variabile.
 - La verifica del tipo avviene prima dell'esecuzione del programma.
 - La dichiarazione e la definizione possono avvenire separatamente.

Esempio in Java:

```
int x; ①
x = 5; ②
```

① Dichiarazione di `x`.

② Definizione.

In Java, la verifica del tipo avviene durante la compilazione in bytecode. Anche se Java è eseguito su una macchina virtuale (JVM), il controllo dei tipi è effettuato prima dell'esecuzione.

Esempio in C++:

```
int y; /* Dichiarazione e definizione (alloca spazio in memoria) */
y = 10; /* Assegnazione di un valore */
```

In C++, la verifica del tipo avviene completamente durante la compilazione.

1. Linguaggi con tipizzazione dinamica (come Python, JavaScript, Ruby):

- Non richiedono una dichiarazione esplicita del tipo.
- Il tipo viene inferito e verificato durante l'esecuzione del programma.
- La dichiarazione e la definizione avvengono spesso contemporaneamente.

Esempio in Python:

```
z = 15 /* Dichiarazione e definizione simultanee */
```

Esempio in JavaScript:

6. Lo spazio di nomi, il modulo e il file

```
let w = 20; /* Dichiarazione e definizione con 'let' */
var v; /* Dichiarazione senza definizione (il valore sarà 'undefined') */
```

È importante notare che alcuni linguaggi, come TypeScript, offrono un approccio ibrido:

```
let a: number; /* Dichiarazione con tipo esplicito */
a = 25; /* Definizione */

let b = 30; /* Dichiarazione e definizione con inferenza di tipo */
```

TypeScript effettua il controllo dei tipi durante la compilazione, ma viene poi compilato in JavaScript, che è dinamicamente tipizzato.

Alcuni linguaggi moderni, come Go o Kotlin, utilizzano l'inferenza di tipo con tipizzazione statica:

```
var c = 35 /* Go inferisce che c è di tipo int */
```

```
val d = 40 /* Kotlin inferisce che d è di tipo Int */
```

6.0.7. Altri aspetti delle variabili

Il **ciclo di vita** di una variabile si riferisce al periodo durante il quale la variabile esiste in memoria. Questo ciclo è influenzato dall'allocazione dinamica o statica della memoria e dall'ambito della variabile. Il **ciclo di vita del dato** si riferisce a quanto a lungo un dato rimane accessibile e utilizzabile nel programma.

L'**ambito** (scope) definisce la porzione di codice in cui la variabile può essere utilizzata, mentre la **visibilità** indica da dove la variabile può essere accessibile. Questi aspetti sono influenzati dal modo in cui le variabili vengono dichiarate e definite.

6.0.8. Il tipo di dato e l'inferenza di tipo

Il **tipo di dato** definisce l'insieme di valori che una variabile può assumere e le operazioni che possono essere eseguite su di essa. Nei linguaggi con tipizzazione statica, il tipo di dato deve essere specificato esplicitamente.

L'**inferenza di tipo** è una caratteristica in cui il compilatore deduce automaticamente il tipo di una variabile dal contesto, come avviene in linguaggi come TypeScript e Python.

Esempio in TypeScript:

```
let x = 5; /* Il compilatore inferisce che x è di tipo number */
let y = "Hello"; /* Il compilatore inferisce che y è di tipo string */
```


6.0.9. Il modello dati

Il **modello dati** di un linguaggio di programmazione descrive come vengono rappresentati e manipolati i dati. Questo modello include:

- **Tipi di dati primitivi:** Numeri interi, stringhe, booleani, ecc.
- **Tipi di dati complessi:** Liste, array, oggetti, ecc.
- **Tipi generici:** Permettono di scrivere codice che può lavorare con diversi tipi di dati mantenendo la sicurezza dei tipi.

Esempio di tipi generici in Java:

```
List<String> stringList = new ArrayList<>(); /* Una lista che può contenere solo stringhe */
List<Integer> intList = new ArrayList<>(); /* Una lista che può contenere solo interi */
```

6.0.10. Esempi di tipi semplici, contenitori e classi

Esempio in Python:

```
x = 5 /* Variabile intera */
y = [1, 2, 3] /* Lista di interi */
class Persona: /* Definizione di una classe */
    def __init__(self, nome):
        self.nome = nome

p = Persona("Alice") /* Istanza della classe Persona */
```

Esempio in Java:

```
int x = 5; /* Variabile intera */
int[] y = {1, 2, 3}; /* Array di interi */
class Persona { /* Definizione di una classe */
    String nome;
    Persona(String nome) {
        this.nome = nome;
    }
}
Persona p = new Persona("Alice"); /* Istanza della classe Persona */
```

Questi concetti forniscono una panoramica più completa degli elementi semantici fondamentali nei linguaggi di programmazione moderni, coprendo sia aspetti di base che avanzati.

6.0.11. Il modello dati

Il **modello dati** di un linguaggio di programmazione descrive come vengono rappresentati e manipolati i dati. Questo modello include:

- **Tipi di dati primitivi:** Numeri interi, stringhe, booleani, ecc.

6. Lo spazio di nomi, il modulo e il file

- **Tipi di dati complessi:** Liste, array, oggetti, ecc.
- **Tipi generici:** Permettono di scrivere codice che può lavorare con diversi tipi di dati mantenendo la sicurezza dei tipi.

Esempio di tipi generici in Java:

```
List<String> stringList = new ArrayList<>(); // Una lista che può contenere solo stringhe
List<Integer> intList = new ArrayList<>(); // Una lista che può contenere solo interi
```

1. `stringList` è una lista di stringhe.
2. `intList` è una lista di interi.

6.0.12. Esempi di tipi semplici, contenitori e classi

Esempio in Python:

```
x = 5 # Variabile intera
y = [1, 2, 3] # Lista di interi
class Persona: # Definizione di una classe
    def __init__(self, nome):
        self.nome = nome

p = Persona("Alice") # Istanza della classe Persona
```

1. `x` è una variabile intera.
2. `y` è una lista di interi.
3. `Persona` è una classe con un attributo `nome`.
4. `p` è un'istanza della classe `Persona`.

Esempio in Java:

```
int x = 5; // Variabile intera
int[] y = {1, 2, 3}; // Array di interi
class Persona { // Definizione di una classe
    String nome;
    Persona(String nome) {
        this.nome = nome;
    }
}
Persona p = new Persona("Alice"); // Istanza della classe Persona
```

1. `x` è una variabile intera.
2. `y` è un array di interi.
3. `Persona` è una classe con un attributo `nome`.
4. `p` è un'istanza della classe `Persona`.

Questi concetti forniscono una panoramica più completa degli elementi semantici fondamentali nei linguaggi di programmazione moderni, coprendo sia aspetti di base che avanzati.

6.0.13. Espressioni e valutazione

La **semantica delle espressioni** definisce come queste vengono valutate per produrre un risultato. Ciò include:

- **Ordine di valutazione degli operandi:** La sequenza con cui vengono valutati i componenti di un'espressione.
- **Comportamento degli operatori:** Come gli operatori agiscono su diversi tipi di dati.
- **Gestione degli errori:** Come vengono trattate le situazioni eccezionali durante la valutazione delle espressioni.

Esempio in JavaScript:

```
let a = 5, b = 2;  
  
let result = a / b; ①  
  
let check = (a > b) && (b !== 0); ②
```

- ① Il risultato sarà 2.5, a differenza di linguaggi come Java o C dove sarebbe 2 a causa della divisione intera.
② La seconda condizione viene valutata solo se la prima è vera, grazie alla valutazione “short-circuit”.

6.0.14. Controllo del flusso

La **semantica del controllo del flusso** definisce come l'esecuzione del programma procede attraverso le istruzioni. Ciò include:

- **Istruzioni condizionali:** Come if, else, switch.
- **Cicli:** Come for, while.
- **Chiamate a funzione:** E il passaggio dei parametri.

Esempio in Python:

```
for i in range(5): ①  
    if i % 2 == 0: ②  
        continue ③  
    print(i) ④
```

- ① Ciclo for che itera da 0 a 4.
② Controllo condizionale per verificare se i è pari.
③ continue salta le iterazioni pari.
④ Stampa solo i valori dispari di i.

6.0.15. Gestione della memoria

La **semantica della gestione della memoria** definisce come il programma alloca, utilizza e libera la memoria. Ciò include:

- **Stack e heap:** Distinzione tra memoria automatica (stack) e dinamica (heap).
- **Allocazione e deallocazione:** Regole per riservare e liberare memoria.

- **Garbage collector:** Comportamento nei linguaggi che lo utilizzano.

Esempio in C++:

```
int* p = new int;  
*p = 10;  
delete p;
```

①

②

③

- ① `new` alloca memoria dinamicamente sull'heap.
- ② Il puntatore `p` viene utilizzato per accedere alla memoria allocata.
- ③ `delete` libera la memoria allocata, prevenendo potenziali perdite di memoria.

6.0.16. Funzioni e procedure

Le **funzioni** sono blocchi di codice riutilizzabili che eseguono specifiche operazioni. La semantica delle funzioni include:

- **Definizione e chiamata:** Come vengono definite e chiamate le funzioni.
- **Passaggio dei parametri:** Modalità di passaggio dei parametri (per valore, per riferimento, ecc.).
- **Restituzione dei valori:** Come vengono restituiti i risultati.
- **Ambito delle variabili:** Lo scope delle variabili all'interno delle funzioni.

Esempio in JavaScript:

```
function add(a, b) {  
    return a + b;  
}
```

①

②

```
let result = add(3, 4);  
console.log(result); // Stampa 7
```

③

- ① Definizione della funzione `add` con due parametri.
- ② La funzione restituisce la somma dei parametri.
- ③ Chiamata della funzione con argomenti 3 e 4.

Nei linguaggi moderni, troviamo anche concetti avanzati come:

- **Funzioni di ordine superiore:** Funzioni che possono accettare altre funzioni come argomenti o restituirle come risultato.

Esempio in Python:

```
def apply(func, x, y):  
    return func(x, y)  
  
def multiply(a, b):  
    return a * b  
  
result = apply(multiply, 3, 4) # Restituisce 12
```

- **Chiusure:** Funzioni che “catturano” variabili dal loro ambiente circostante.

Esempio in JavaScript:

```
function createCounter() {
  let count = 0;
  return function() {
    return ++count;
  };
}

let counter = createCounter();
console.log(counter()); // Stampa 1
console.log(counter()); // Stampa 2
```

6.0.17. Programmazione asincrona

La **programmazione asincrona** permette l'esecuzione di operazioni non bloccanti, migliorando l'efficienza e la reattività dei programmi. Concetti chiave includono:

- **Promise/Future**: Rappresentano il risultato di un'operazione asincrona.
- **async/await**: Sintassi che semplifica la scrittura di codice asincrono.
- **Callback**: Funzioni che vengono chiamate al completamento di un'operazione asincrona.

Esempio in JavaScript:

```
async function fetchData() {
  try {
    const response = await fetch('https://api.example.com/data');
    const data = await response.json();
    console.log(data);
  } catch (error) {
    console.error('Errore:', error);
  }
}

fetchData();
```

- ① **await** sospende l'esecuzione della funzione finché la Promise restituita da **fetch** non si risolve.
- ② Attende che il corpo della risposta venga convertito in JSON.
- ③ Chiama la funzione asincrona.

6.0.18. Sistemi di tipi

Il **sistema di tipi** di un linguaggio definisce come i tipi di dati vengono gestiti. Ciò include:

- **Conversione tra tipi**: Regole per la conversione implicita o esplicita tra tipi.
- **Controllo dei tipi**: Comportamento del controllo dei tipi (statico o dinamico).
- **Polimorfismo e ereditarietà**: Implementazione nei linguaggi orientati agli oggetti.

Esempio in TypeScript:

```
interface Shape {
    area(): number;
}

class Circle implements Shape {
    constructor(private radius: number) {}

    area(): number {
        return Math.PI * this.radius ** 2;
    }
}

class Rectangle implements Shape {
    constructor(private width: number, private height: number) {}

    area(): number {
        return this.width * this.height;
    }
}

function printArea(shape: Shape) {

````typescript
 console.log('Area:', shape.area());
}

let circle = new Circle(5);
let rectangle = new Rectangle(4, 6);

printArea(circle); // Stampa: Area: 78.53981633974483
printArea(rectangle); // Stampa: Area: 24
```

①

① La funzione **printArea** accetta qualsiasi oggetto che implementa l'interfaccia **Shape**.

Questi concetti forniscono una panoramica più completa degli elementi semantici fondamentali nei linguaggi di programmazione moderni, coprendo sia aspetti di base che avanzati.

## 7. La funzione

La **funzione** è un blocco di codice riutilizzabile che contiene una sequenza di istruzioni. Questi costrutti sono fondamentali per la strutturazione e la modularizzazione del codice, consentendo di definire operazioni che possono essere invocate più volte durante l'esecuzione di un programma. La distinzione tra funzioni e metodi è che le funzioni sono indipendenti, mentre i metodi sono associati a oggetti o classi.

### 7.1. Dichiarazione

La **dichiarazione** di una funzione è il processo mediante il quale si definisce una nuova funzione nel programma, specificandone il nome, i parametri (se presenti) e il blocco di codice che essa eseguirà. Questo processo informa il compilatore o l'interprete che una certa funzione esiste e può essere utilizzata nel codice. Durante la dichiarazione, non viene eseguito alcun codice; viene semplicemente definita la funzione in modo che possa essere invocata successivamente nel programma.

Esempio in Python:

```
def somma(a, b):
 return a + b
```

①

②

① Definizione della funzione `somma` con due parametri `a` e `b`.

② La funzione `somma` ritorna la somma dei parametri `a` e `b`.

### 7.2. Il parametro e l'argomento

Il **parametro** e l'**argomento** sono strumenti fondamentali per passare dati alle funzioni e influenzarne il comportamento. In particolare:

- Parametri o parametri formali: I parametri sono definiti nella dichiarazione della funzione e rappresentano i nomi delle variabili che la funzione utilizzerà per accedere ai dati passati.
- Argomenti o parametri attuali: Gli argomenti sono i valori effettivi passati alla funzione quando viene chiamata.

Esempio in Python:

```
def somma(a, b):
 return a + b
```

①

```
result = somma(3, 4)
```

②

```
print(result)
```

③

## 7. La funzione

- ① `a` e `b` sono parametri della funzione `somma`.
- ② `3` e `4` sono argomenti passati alla funzione `somma`.
- ③ Il risultato della funzione `somma` viene stampato.

### 7.3. Il valore di ritorno

Il valore di ritorno è il risultato prodotto da una funzione, che può essere utilizzato nell'istruzione chiamante. Una funzione può restituire un valore utilizzando una sintassi particolare come la parola chiave `return`.

Esempio in Java:

```
public class Main {
 public static int somma(int a, int b) {
 return a + b;
 }

 public static void main(String[] args) {
 int result = somma(3, 4);

 System.out.println(result);
 }
}
```

- ① Dichiarazione della funzione `somma` che accetta due parametri interi.
- ② La funzione `somma` ritorna la somma di `a` e `b`.
- ③ Chiamata della funzione `somma` con argomenti `3` e `4`.
- ④ Il risultato della funzione `somma` viene stampato.

### 7.4. Ambito e visibilità

L'ambito e la visibilità degli identificatori delle funzioni sono concetti sono simili a quelli delle variabili, ma presentano alcune differenze chiave che è importante comprendere.

#### 7.4.1. Ambito

Per le funzioni distinguiamo sempre i seguenti:

- Ambito globale: Una funzione dichiarata a livello globale, cioè al di fuori di qualsiasi altra funzione o blocco di codice, ha un ambito globale. Questo significa che la funzione è visibile e può essere chiamata da qualsiasi punto del programma dopo la sua dichiarazione.

Esempio in C++:

```
#include <iostream>

void funzioneGlobale() {
 std::cout << "Funzione globale" << std::endl;
}
```



```
int main() {
 funzioneGlobale();
 return 0;
}
```

- ① Dichiarazione della funzione `funzioneGlobale` a livello globale.
- ② Chiamata della funzione `funzioneGlobale` all'interno di `main`.

Il comportamento è identico in Java e C. In Python, le funzioni definite a livello globale hanno ambito globale.

- Ambito locale: Una funzione dichiarata all'interno di un blocco di codice (come all'interno di una funzione o di una classe) ha un ambito locale. La funzione è visibile e può essere chiamata solo all'interno di quel blocco.

Esempio in Python:

```
def funzione_esterna():
 def funzione_locale():
 print("Funzione locale")

 funzione_locale()

funzione_esterna()

funzione_locale()
```

- ① Dichiarazione della funzione `funzione_locale` all'interno di `funzione_esterna`.
- ② Chiamata della funzione `funzione_locale` all'interno di `funzione_esterna`.
- ③ Chiamata a `funzione_locale` al di fuori di `funzione_esterna`, che genera un errore poiché `funzione_locale` non è visibile a questo livello.

In Java e C++, le funzioni dichiarate all'interno di un blocco (come metodi all'interno di una classe) sono accessibili solo all'interno di quel blocco, simile a Python.

In C, le funzioni locali non sono standard, ma è possibile ottenere un comportamento simile usando funzioni statiche o funzioni inline definite all'interno di un file sorgente specifico.

### 7.4.2. Visibilità

La visibilità si riferisce a dove nel codice l'identificatore di una funzione può essere utilizzato. La visibilità è strettamente legata all'ambito, ma può essere influenzata anche da altre considerazioni come la modularità e le regole di accesso.

- Visibilità Globale: Le funzioni con ambito globale sono visibili ovunque nel programma come per le variabili.
- Visibilità Locale: Le funzioni con ambito locale sono visibili solo all'interno del blocco in cui sono dichiarate. Questo è utile per creare funzioni di supporto (inglese: *helper*) o interne che non devono essere accessibili dall'esterno.

Esempio in Python:

```
def funzione_esterna():
 def funzione_supporto():
 print("Funzione di supporto")

 funzione_supporto()

 print("Funzione esterna")

funzione_esterna()
```

- ① Dichiarazione della funzione `funzione_supporto` all'interno di `funzione_esterna`.
- ② Chiamata della funzione `funzione_supporto` all'interno di `funzione_esterna`.

### 7.4.3. Differenze tra funzioni con variabili e oggetti

Sebbene l'ambito e la visibilità delle funzioni condividano concetti simili con le variabili e gli oggetti, ci sono alcune differenze chiave:

- **Durata di vita:** Le variabili locali (automatiche) hanno una durata di vita limitata al blocco di codice in cui sono dichiarate. Quando il controllo esce dal blocco, la memoria allocata per la variabile viene liberata. Le funzioni, tuttavia, non vengono “distrutte” quando il controllo esce dal loro ambito; semplicemente non sono più visibili e chiamabili. In Python, le variabili definite all'interno di un blocco di un'istruzione composta rimangono accessibili finché sono nello stesso ambito di funzione o modulo, mentre le funzioni definite all'interno di un'altra funzione (nested functions) sono visibili solo all'interno di quella funzione.
- **Allocazione dinamica:** In C++, le variabili e gli oggetti possono essere allocati dinamicamente usando `new` e deallocati usando `delete`. Le funzioni non richiedono un'allocazione esplicita di memoria; la loro dichiarazione è sufficiente per renderle utilizzabili nell'ambito definito.

## 7.5. La ricorsione

La **ricorsione** è la capacità di una funzione di chiamare se stessa, utile per risolvere problemi che possono essere suddivisi in sottoproblemi simili. Ogni chiamata ricorsiva deve avvicinarsi a una condizione di terminazione per evitare loop infiniti.

Esempio in C++ (calcolo del fattoriale):

```
#include <iostream>

int fattoriale(int n) {
 if (n <= 1) return 1;

 return n * fattoriale(n - 1);
}

int main() {
 int result = fattoriale(5);

 std::cout << result << std::endl;
```

```
return 0;
}
```

- ① Dichiarazione della funzione `fattoriale`.
- ② Condizione di terminazione: se `n` è minore o uguale a 1, ritorna 1.
- ③ Chiamata ricorsiva: `fattoriale` chiama se stessa con `n - 1`.
- ④ Chiamata della funzione `fattoriale` con argomento 5.
- ⑤ Il risultato della funzione `fattoriale` viene stampato.

## 7.6. La funzione in prima classe

Il concetto di **funzione in prima classe** (inglese: *first-class function*) è un principio fondamentale in molti linguaggi di programmazione, particolarmente rilevante nel paradigma di programmazione funzionale. In breve, un linguaggio di programmazione che supporta le funzioni come cittadini di prima classe. Ciò significa che le funzioni possono essere manipolate e utilizzate come qualsiasi altro tipo di dato. Le operazioni che definiscono questa caratteristica includono:

- Assegnazione a variabili: Le funzioni possono essere assegnate a variabili.
- Passaggio come argomenti: Le funzioni possono essere passate come argomenti ad altre funzioni.
- Restituzione come risultati: Le funzioni possono essere restituite da altre funzioni.
- Memorizzazione in strutture dati: Le funzioni possono essere memorizzate in strutture dati come liste, dizionari, ecc.

Nel paradigma di programmazione funzionale, le funzioni in prima classe sono essenziali perché permettono di trattare le funzioni pure come valori di prima classe. Le funzioni pure sono funzioni il cui output è determinato solo dai loro input e non hanno effetti collaterali. L'abilità di passare, restituire e comporre funzioni in prima classe è fondamentale per il paradigma funzionale, poiché consente di creare funzioni di ordine superiore e di mantenere l'immutabilità. Le funzioni in prima classe permettono di:

- Creare funzioni di ordine superiore: Funzioni che accettano altre funzioni come argomenti o che restituiscono funzioni, promuovendo un'astrazione più elevata e la riutilizzabilità del codice.
- Comporre funzioni: Combinare semplici funzioni pure per costruire funzioni più complesse, facilitando la costruzione di software modulare e mantenibile.
- Favorire l'immutabilità: Favorire la scrittura di codice che non modifica lo stato, riducendo i bug e rendendo il codice più prevedibile.

### 7.6.1. Implementazione in linguaggi di programmazione

Python tratta le funzioni come oggetti in prima classe. Ecco come:

## 7. La funzione

```
Assegnazione a variabili
def saluto(nome):
 return f"Ciao, {nome}!"

messaggio = saluto
print(messaggio("Mondo"))

Passaggio come argomenti
def chiamata_di_ritorno(f):
 return f("Mondo")

print(chiamata_di_ritorno(saluto))

Restituzione come risultati
def crea_saluto():
 def saluto(nome):
 return f"Ciao, {nome}!"

 return saluto

saluta = crea_saluto()
print(saluta("Mondo"))
```

- ① Definizione della funzione `saluto` che accetta un parametro `nome`.
- ② Assegnazione della funzione `saluto` alla variabile `messaggio`.
- ③ Chiamata della funzione `messaggio` con l'argomento `"Mondo"`, che stampa `"Ciao, Mondo!"`.
- ④ Definizione della funzione `chiamata_di_ritorno` che accetta una funzione come parametro `f`.
- ⑤ Chiamata della funzione `chiamata_di_ritorno` con la funzione `saluto` come argomento, che stampa `"Ciao, Mondo!"`.
- ⑥ Definizione della funzione `crea_saluto` che restituisce una funzione.
- ⑦ Definizione della funzione `saluto` interna a `crea_saluto`.
- ⑧ Restituzione della funzione `saluto` da `crea_saluto`.
- ⑨ Assegnazione della funzione restituita da `crea_saluto` alla variabile `saluta`.
- ⑩ Chiamata della funzione `saluta` con l'argomento `"Mondo"`, che stampa `"Ciao, Mondo!"`.

Anche JavaScript supporta le funzioni in prima classe:

```
// Assegnazione a variabili
function saluto(nome) {
 return `Ciao, ${nome}!`;
}

let messaggio = saluto;
console.log(messaggio("Mondo"));

// Passaggio come argomenti
function chiamataDiRitorno(f) {
 return f("Mondo");
}
```

```

console.log(chiamataDiRitorno(saluto)); ⑤

// Restituzione come risultati
function creaSaluto() { ⑥
 function saluto(nome) { ⑦
 return `Ciao, ${nome}!`;
 }

 return saluto; ⑧
}

let saluta = creaSaluto(); ⑨
console.log(saluta("Mondo")); ⑩

```

- ① Definizione della funzione `saluto` che accetta un parametro `nome`.
- ② Assegnazione della funzione `saluto` alla variabile `messaggio`.
- ③ Chiamata della funzione `messaggio` con l'argomento "Mondo", che stampa "Ciao, Mondo!".
- ④ Definizione della funzione `chiamataDiRitorno` che accetta una funzione come parametro `f`.
- ⑤ Chiamata della funzione `chiamataDiRitorno` con la funzione `saluto` come argomento, che stampa "Ciao, Mondo!".
- ⑥ Definizione della funzione `creaSaluto` che restituisce una funzione.
- ⑦ Definizione della funzione `saluto` interna a `creaSaluto`.
- ⑧ Restituzione della funzione `saluto` da `creaSaluto`.
- ⑨ Assegnazione della funzione restituita da `creaSaluto` alla variabile `saluta`.
- ⑩ Chiamata della funzione `saluta` con l'argomento "Mondo", che stampa "Ciao, Mondo!".

Haskell è un linguaggio puramente funzionale che supporta naturalmente le funzioni in prima classe:

```

-- Assegnazione a variabili
saluto :: String -> String ①
saluto nome = "Ciao, " ++ nome ++ "!"

messaggio = saluto ②
main = putStrLn (messaggio "Mondo") ③

-- Passaggio come argomenti
chiamataDiRitorno :: (String -> String) -> String ④
chiamataDiRitorno f = f "Mondo"

main = putStrLn (chiamataDiRitorno saluto) ⑤

-- Restituzione come risultati
creaSaluto :: String -> String ⑥
creaSaluto = saluto

main = putStrLn (creaSaluto "Mondo") ⑦

```

- ① Definizione della funzione `saluto` che accetta una stringa `nome` e restituisce una stringa.
- ② Assegnazione della funzione `saluto` alla variabile `messaggio`.
- ③ Chiamata della funzione `messaggio` con l'argomento "Mondo", che stampa "Ciao, Mondo!".

## 7. La funzione

- ④ Definizione della funzione `chiamataDiRitorno` che accetta una funzione come parametro `f`.
- ⑤ Chiamata della funzione `chiamataDiRitorno` con la funzione `saluto` come argomento, che stampa “Ciao, Mondo!”.
- ⑥ Definizione della funzione `creaSaluto` che restituisce la funzione `saluto`.
- ⑦ Chiamata della funzione `creaSaluto` con l’argomento “Mondo”, che stampa “Ciao, Mondo!”.

C++ non era originariamente un linguaggio con supporto della programmazione funzionale, ma, a partire dal C++11, ha introdotto diverse funzionalità che permettono di trattare le funzioni come valori di prima classe. Queste caratteristiche sono implementate tramite puntatori a funzione, oggetti funzione (`std::function`) e espressioni lambda.<sup>1</sup>

Esempio:

```
#include <iostream>
#include <functional>

void saluto(const std::string& nome) {
 std::cout << "Ciao, " << nome << "!" << std::endl;
}

int main() {
 std::function<void(const std::string&)> messaggio = saluto;
 messaggio("Mondo");

 // Passaggio come argomenti
 auto chiamataDiRitorno = [](std::function<void(const std::string&)> f, const std::string& nome) {
 f(nome);
 };

 chiamataDiRitorno(saluto, "Mondo");
 return 0;
}
```

- ① Definizione della funzione `saluto` che accetta un parametro `nome`.
- ② Assegnazione della funzione `saluto` all’oggetto funzione `messaggio` utilizzando `std::function`.
- ③ Chiamata della funzione `messaggio` con l’argomento “Mondo”, che stampa “Ciao, Mondo!”.
- ④ Definizione di una lambda expression `chiamataDiRitorno` che accetta una funzione `f` e un valore `nome`.
- ⑤ Chiamata della lambda `chiamataDiRitorno` con la funzione `saluto` e l’argomento “Mondo”, che stampa “Ciao, Mondo!”.

### 7.6.2. La funzione di ordine superiore

La **funzione di ordine superiore** è una diretta conseguenza del supporto per le funzioni in prima classe. Tale funzione accetta altre funzioni come argomenti e/o ritornano funzioni come risultati. Nel paradigma della programmazione funzionale, le funzioni di ordine superiore facilitano l’implementazione di tecniche come la composizione di funzioni, l’applicazione parziale e l’uso di callback.

Esempio in Python:

---

<sup>1</sup>Per ulteriori informazioni, si può consultare la documentazione ufficiale di C++11.

```
def somma(a):
 def inner(b):
 return a + b

 return inner ①

aggiungi_cinque = somma(5) ②

print(aggiungi_cinque(3)) ③
```

- ① La funzione `somma` ritorna una nuova funzione `inner` che somma `a` al suo argomento `b`.
- ② `somma(5)` ritorna una nuova funzione che somma 5 al suo argomento.
- ③ La funzione risultante viene chiamata con l'argomento 3, restituendo 8.

Esempio in C++:

```
#include <iostream>
#include <functional>

std::function<int(int)> somma(int a) { ①
 return [a](int b) { return a + b; }; ②
}

int main() {
 auto aggiungi_cinque = somma(5); ③

 std::cout << aggiungi_cinque(3) << std::endl; ④

 return 0;
}
```

- ① Dichiarazione della funzione `somma` che ritorna un `std::function<int(int)>`.
- ② `somma` ritorna una funzione lambda che somma `a` al suo argomento `b`.
- ③ `somma(5)` ritorna una nuova funzione che somma 5 al suo argomento.
- ④ La funzione risultante viene chiamata con l'argomento 3, restituendo 8.

### 7.6.3. L'applicazione parziale

L'**applicazione parziale** (inglese: *partial application*) è una tecnica della programmazione funzionale che permette di fissare un certo numero di parametri di una funzione, producendo una nuova funzione con un numero inferiore dei medesimi. Ciò è particolarmente utile quando si desidera creare varianti di una funzione con alcuni parametri predefiniti, aumentando così la flessibilità e la riutilizzabilità del codice.

In pratica, l'applicazione parziale consente di preimpostare alcuni argomenti di una funzione, riducendo il numero di argomenti che devono essere forniti successivamente.

Python supporta l'applicazione parziale tramite il modulo `functools` che include la funzione `partial`:

## 7. La funzione

```
from functools import partial

def f(a, b, c):
 return a + b + c

g = partial(f, 1)

print(g(2, 3))
```

- ① Funzione che accetta tre argomenti.
- ② Utilizzo di `partial` per fissare il primo argomento di `f` a 1.
- ③ Chiamata della funzione `g` con i restanti due argomenti. Output: 6.

In C++, l'applicazione parziale può essere realizzata utilizzando le espressioni lambda o la funzione `std::bind` dalla libreria standard:

```
#include <iostream>
#include <functional>

int somma(int a, int b, int c) {
 return a + b + c;
}

int main() {
 auto fissaPrimoArgomento = std::bind(somma, 1, std::placeholders::_1, std::placeholders::_2);

 std::cout << fissaPrimoArgomento(2, 3) << std::endl;

 return 0;
}
```

- ① Utilizzo di `std::bind` per fissare il primo argomento di `somma` a 1.
- ② Chiamata della funzione `fissaPrimoArgomento` con i restanti due argomenti. Output: 6.

L'applicazione parziale è importante perché:

- Aumenta la modularità: Permette di creare versioni specifiche di funzioni generiche.
- Riduce la ridondanza: Evita la necessità di riscrivere funzioni simili con parametri diversi.
- Facilita la composizione: Supporta la creazione di funzioni più complesse a partire da funzioni più semplici.

L'applicazione parziale è una tecnica potente che, insieme alle funzioni di ordine superiore, contribuisce alla flessibilità e alla manutenibilità del codice nel paradigma della programmazione funzionale.

### 7.6.4. Il decoratore

Il **decoratore** è una potente funzionalità in Python che permette di modificare il comportamento di funzioni o metodi esistenti senza cambiarne il codice sorgente. Esso sfrutta i concetti di funzioni in prima classe e funzioni di ordine superiore per aggiungere nuove funzionalità in modo modulare e riutilizzabile. È necessaria



una sintassi ad hoc per applicare i decoratori al nostro codice ma il processo risulta semplice e il prodotto molto leggibile.

Un decoratore è essenzialmente una funzione che accetta un'altra funzione come argomento e restituisce una nuova funzione. Questa nuova funzione può estendere o modificare il comportamento della funzione originale.

Questo consente di estendere le funzionalità di una funzione in modo modulare e senza alterare il suo codice originale, utile sia per creare librerie di *modifiche* a funzioni proprie, sia per aggiornare il codice mantenendo la compatibilità con le versioni precedenti.

Esempio generico:

```
def mio_decoratore(f):
 def involucro(*args, **kwargs):
 print("Qualcosa prima della funzione")

 risultato = f(*args, **kwargs)

 print("Qualcosa dopo la funzione")

 return risultato

 return involucro

@mio_decoratore
def di_ciao():
 print("Ciao!")

di_ciao()
```

- ① Definizione della funzione `mio_decoratore`, che accetta una funzione `f` come argomento.
- ② Definizione della funzione `involucro` interna, che accetta argomenti variabili `*args` e `**kwargs`.
- ③ Stampa di un messaggio prima della chiamata della funzione decorata.
- ④ Chiamata della funzione originale `f` con gli argomenti originali.
- ⑤ Stampa di un messaggio dopo la chiamata della funzione decorata.
- ⑥ Restituzione del risultato della funzione `f`.
- ⑦ Restituzione della funzione `involucro` come nuova funzione decorata.
- ⑧ Applicazione del decoratore `mio_decoratore` alla funzione `di_ciao`.
- ⑨ Definizione della funzione `di_ciao`.
- ⑩ Stampa del messaggio `Ciao!`.
- ⑪ Chiamata della funzione `di_ciao` decorata.

#### 7.6.4.1. Applicazioni

I decoratori sono molto utili per creare librerie che estendono le funzionalità delle funzioni esistenti senza modificarne il codice sorgente. Ad esempio, si potrebbe creare un decoratore per registrare il tempo di esecuzione di una funzione:

```

import time

def calcolo_tempo_esecuzione(f):
 def involucro(*args, **kwargs):
 start_time = time.time()

 result = f(*args, **kwargs)

 end_time = time.time()

 print(f"Tempo di esecuzione: {end_time - start_time} secondi")

 return result

 return involucro

@calcolo_tempo_esecuzione
def esempio_funzione():
 time.sleep(2)

 print("Funzione eseguita")

esempio_funzione()

```

- ① Definizione del decoratore `calcolo_tempo_esecuzione`.
- ② Definizione della funzione `involucro` interna.
- ③ Registrazione del tempo di inizio.
- ④ Chiamata della funzione originale `f`.
- ⑤ Registrazione del tempo di fine.
- ⑥ Stampa del tempo di esecuzione.
- ⑦ Restituzione del risultato della funzione `f`.
- ⑧ Restituzione della funzione `involucro` come nuova funzione decorata.
- ⑨ Applicazione del decoratore `calcolo_tempo_esecuzione` alla funzione `esempio_funzione`.
- ⑩ Definizione della funzione `esempio_funzione`.
- ⑪ Simulazione di un ritardo di 2 secondi.
- ⑫ Chiamata della funzione `esempio_funzione` decorata.

Il seguente esempio mostra come utilizzare un decoratore per mantenere la compatibilità all'indietro di una funzione di cui è stato modificato l'elenco dei parametri. La nuova versione della funzione accetta un parametro aggiuntivo, ma il vecchio codice può continuare a chiamare la funzione senza passare questo parametro aggiuntivo.

Esempio:

```

def compatibilita_indietro(f):
 def involucro(*args, **kwargs):
 try:
 return f(*args, **kwargs)

 except TypeError as e:

```

```

 if "positional argument" in str(e):
 return f(args[0])

 raise e

 return involucro

@compatibilita_indietro
def esempio_funzione(nome, messaggio="Ciao!"):
 print(f"{messaggio} {nome}")

esempio_funzione("Mondo", messaggio="Salve")

esempio_funzione("Mondo")

```

- ① Definizione del decoratore `compatibilita_indietro`.
- ② Definizione della funzione `involucro` interna.
- ③ Tentativo di chiamare la funzione originale `f` con tutti gli argomenti.
- ④ Gestione del `TypeError` che potrebbe verificarsi se gli argomenti non sono corretti.
- ⑤ Verifica se l'errore è dovuto a un numero errato di argomenti posizionali.
- ⑥ Chiamata della funzione originale `f` con solo il primo argomento (compatibilità all'indietro).
- ⑦ Se l'errore è diverso, viene rilanciato.
- ⑧ Restituzione della funzione `involucro` come nuova funzione decorata.
- ⑨ Applicazione del decoratore `compatibilita_indietro` alla funzione `esempio_funzione`.
- ⑩ Definizione della funzione modificata `esempio_funzione` con un parametro aggiuntivo `messaggio`.
- ⑪ Chiamata della nuova funzione nel nuovo modo, con entrambi i parametri. Output: `Salve Mondo`.
- ⑫ Chiamata della nuova funzione nel vecchio modo, con un solo parametro. Output: `Ciao! Mondo`.

Questo approccio garantisce che il nuovo codice possa utilizzare la nuova funzionalità, mentre il vecchio codice continua a funzionare senza modifiche.

#### 7.6.4.2. Supporto in Typescript

TypeScript supporta, allo stato in modo sperimentale, i decorator per classi, metodi, accessori, proprietà e parametri. Di seguito è riportato un esempio di decoratore per una classe:

```

function logCostruzione(target: Function) {
 console.log(`Costruzione di ${target.name}`);
}

@logCostruzione
class Persona {
 constructor(public nome: string) {
 console.log(`Ciao, ${nome}!`);
 }
}

const p = new Persona('Alice');

```

## 7. La funzione

- ① Definizione del decoratore `logCostruzione`.
- ② Il decoratore stampa un messaggio con il nome della classe.
- ③ Applicazione del decoratore `logCostruzione` alla classe `Persona`.
- ④ Definizione della classe `Persona`.
- ⑤ Costruttore della classe `Persona` che accetta un parametro `nome`.
- ⑥ Il costruttore stampa un messaggio di saluto.
- ⑦ Creazione di un'istanza della classe `Persona`.

### 7.6.5. La funzione di richiamo

La **funzione di richiamo** (inglese: *callback function* o semplicemente *callback*) è un tipo di funzione che viene passata come argomento ad altra funzione e viene eseguita dopo che l'operazione principale sia terminata. Le funzioni di richiamo sono utilizzate in molti linguaggi di programmazione, inclusi Python, JavaScript, C++, e altri e sono particolarmente comuni nella programmazione asincrona, come la gestione di eventi e la programmazione basata su temporizzatori.

Ambiti di applicazione:

- Programmazione asincrona: Utilizzate per gestire operazioni che richiedono tempo, come richieste di rete, lettura/scrittura su file, e interazioni con database.
- Gestione degli eventi: Utilizzate in interfacce grafiche e applicazioni web per rispondere a eventi come click di pulsanti, input da tastiera, e movimenti del mouse.
- Manipolazione di dati: Utilizzate per eseguire operazioni su dati in strutture come array o liste, ad esempio in Python con funzioni come `map`, `filter` e `reduce`<sup>2</sup>.
- `map`: La funzione `map` applica una funzione a ogni elemento di una collezione (come una lista o un array) e restituisce una nuova collezione contenente i risultati. È utile per trasformare o manipolare i dati di una collezione senza utilizzare esplicitamente cicli.
- `filter`: La funzione `filter` prende una funzione di predicato (una funzione che restituisce un valore booleano) e una collezione. Restituisce una nuova collezione contenente solo gli elementi che soddisfano il predicato. È utile per selezionare o filtrare elementi specifici da una collezione in base a una condizione.
- `reduce`: La funzione `reduce` applica una funzione di aggregazione (una funzione che combina due elementi in uno) a una collezione, riducendola a un singolo valore. È utile per calcolare valori cumulativi, come la somma, il prodotto o altre operazioni di aggregazione su una collezione di dati.

Per apprendere si può fare riferimento a (Wikipedia 'Map (higher-order function)' page contributors 2024), (Wikipedia 'Filter (higher-order function)' page contributors 2024), (Wikipedia 'Reduce (higher-order function)' page contributors 2024), (Abelson, Jay Sussman 1996).

Esempio generico in Python:

```
def chiamata_di_ritorno(f): ①
 print("Prima della callback") ②

 f() ③
```

<sup>2</sup>Le funzioni `map`, `filter` e `reduce` sono strumenti fondamentali nella programmazione funzionale, utilizzati per operare su collezioni di dati in modo dichiarativo e conciso.

```

 print("Dopo la callback") ④

def saluto(): ⑤
 print("Ciao!") ⑥

chiamata_di_ritorno(saluto) ⑦

```

- ① Definizione della funzione `chiamata_di_ritorno` che accetta una funzione di richiamo `f`.
- ② Stampa di un messaggio prima dell'esecuzione della funzione `f`.
- ③ Chiamata della funzione `f`.
- ④ Stampa di un messaggio dopo la callback.
- ⑤ Definizione della funzione `saluto`.
- ⑥ Stampa del messaggio `Ciao!`.
- ⑦ Passaggio della funzione `saluto` come funzione di richiamo a `chiamata_di_ritorno`.

Esempio pratico in Python]:

```

numeri = [1, 2, 3, 4, 5]

quadrati = map(lambda x: x ** 2, numeri) ①
print(list(quadrati)) ②

numeri = [1, 2, 3, 4, 5]

pari = filter(lambda x: x % 2 == 0, numeri) ③
print(list(pari)) ④

from functools import reduce

numeri = [1, 2, 3, 4, 5]

somma = reduce(lambda x, y: x + y, numeri) ⑤
print(somma) ⑥

```

- ① Uso di `map` con una funzione `lambda` per calcolare i quadrati dei numeri.
- ② Conversione dell'oggetto `map` in una lista e stampa del risultato `[1, 4, 9, 16, 25]`.
- ③ Uso di `filter` con una funzione `lambda` per selezionare i numeri pari.
- ④ Conversione dell'oggetto `filter` in una lista e stampa del risultato `[2, 4]`.
- ⑤ Uso di `reduce` con una funzione `lambda` per sommare tutti i numeri.
- ⑥ Stampa del risultato 15.

### 7.6.6. La lambda

Le **lambda** sono funzioni anonime che possono essere definite in una singola riga di codice. Sono utili per operazioni semplici e brevi. Le lambda sono supportate da molti linguaggi di programmazione, come Python, JavaScript, Java, C#, e altri, e forniscono un modo conciso per definire funzioni temporanee o usa e getta<sup>[3-prima-parte-variabili-funzioni]</sup>.

<sup>[3-prima-parte-variabili-funzioni]</sup> Le espressioni lambda sono ispirate al calcolo lambda, una notazione matematica introdotta da Alonzo Church negli anni '30. Il calcolo lambda è un sistema formale per esprimere

## 7. La funzione

computazioni basate sulla definizione e applicazione di funzioni anonime. Questo concetto è alla base delle lambda in molti linguaggi di programmazione moderni, facilitando l'adozione del paradigma della programmazione funzionale. Vedi anche (Wikipedia 'Lambda calculus' page contributors 2024) e (Church 1936).

Una sintassi ad hoc per le lambda è necessaria per mantenere il codice leggibile e per permettere l'uso di funzioni anonime in modo rapido e senza definizioni formali che potrebbero rendere il codice più verboso e meno chiaro.

### 7.6.6.1. Python

Python utilizza la parola chiave `lambda` per definire funzioni anonime. La sintassi è:

```
lambda parametri: espressione
```

Esempio:

```
somma = lambda a, b: a + b
```

①

```
print(somma(3, 4))
```

②

① La funzione lambda `lambda a, b: a + b` somma due numeri. Qui, `somma` è l'identificatore della lambda.

② Chiamata della funzione lambda con argomenti 3 e 4, stampa 7.

### 7.6.6.2. JavaScript

JavaScript utilizza le funzioni freccia (inglese: *arrow functions*) per definire funzioni anonime. La sintassi è:

```
(parametri) => espressione
```

Esempio:

```
const somma = (a, b) => a + b;
```

①

```
console.log(somma(3, 4));
```

②

① Definizione di una funzione lambda che somma due numeri.

② Chiamata della funzione lambda con argomenti 3 e 4, stampa 7.

### 7.6.6.3. Java

Java utilizza le espressioni lambda, introdotte con Java 8. La sintassi è:

```
(parametri) -> espressione
```

Esempio:

```
import java.util.function.*;

public class Main {
 public static void main(String[] args) {
 BiFunction<Integer, Integer, Integer> somma = (a, b) -> a + b; ①

 System.out.println(somma.apply(3, 4)); ②
 }
}
```

- ① Qui definiamo una lambda che somma due numeri. Utilizziamo l'interfaccia funzionale `BiFunction` per rappresentare una funzione che accetta due argomenti di tipo `Integer` e restituisce un risultato di tipo `Integer`. L'assegnazione `(a, b) -> a + b` definisce la funzione lambda.
- ② Utilizziamo il metodo `apply` della `BiFunction` per chiamare la funzione lambda con gli argomenti 3 e 4, e stampiamo il risultato, che è 7.

### 7.6.7. Chiusure

Le **chiusure** (inglese: *closure*) sono funzioni che ricordano l'ambiente nel quale sono state create. Questo significa che possono accedere alle variabili definite nell'ambiente esterno anche dopo che tale ambiente sia stato chiuso.

Esempio in Python:

```
def crea_sommatore(x): ①
 def somma(y): ②
 return x + y ③

 return somma ④

aggiungi_cinque = crea_sommatore(5) ⑤
print(aggiungi_cinque(3)) ⑥
```

- ① Definizione della funzione `crea_sommatore` che accetta un parametro `x`.
- ② Definizione della funzione `somma` che accetta un parametro `y`.
- ③ La funzione `somma` somma `x` e `y`.
- ④ `crea_sommatore` restituisce la funzione `somma`.
- ⑤ `aggiungi_cinque` è una chiusura che ricorda il valore di `x` come 5.
- ⑥ `aggiungi_cinque(3)` restituisce 8.

Esempio in JavaScript:

```
function creaSommatore(x) { ①
 return function(y) { ②
 return x + y; ③
 };
}

const aggiungiCinque = creaSommatore(5); ④
console.log(aggiungiCinque(3)); ⑤
```

## 7. La funzione

- ① Definizione della funzione `creaSommatore` che accetta un parametro `x`.
- ② Restituzione di una funzione che accetta un parametro `y`.
- ③ La funzione interna somma `x` e `y`.
- ④ `aggiungiCinque` è una chiusura che ricorda il valore di `x` come 5.
- ⑤ `aggiungiCinque(3)` restituisce 8.

Le chiusure sono utili in diversi contesti, tra cui:

- Memorizzazione di stato: Le chiusure possono essere utilizzate per mantenere uno stato tra chiamate successive a una funzione. Esempio in Python:

```
def crea_contatore():
 conto = 0

 def contatore():
 nonlocal conto

 conto += 1

 return conto

 return contatore

contatore = crea_contatore()

print(contatore())
print(contatore())
```

- ① Definizione della funzione `crea_contatore`.
  - ② Inizializzazione della variabile `conto` a 0.
  - ③ Definizione della funzione `contatore`.
  - ④ Dichiarazione della variabile `conto` come `nonlocal` perché sia modificabile all'interno di `contatore`.
  - ⑤ Incremento della variabile `conto`.
  - ⑥ Restituzione del valore di `conto`.
  - ⑦ Restituzione della funzione `contatore`.
  - ⑧ Creazione della chiusura `contatore`.
  - ⑨ Prima chiamata di `contatore()`, restituisce 1.
  - ⑩ Seconda chiamata di `contatore()`, restituisce 2.
- Funzioni factory: Permettono la creazione di funzioni personalizzate configurate con parametri specifici. Esempio in Python:

```
def moltiplica_per(fattore):
 def moltiplica(numero):
 return numero * fattore

 return moltiplica

double = moltiplica_per(2)
print(double(5))
```

- ① Definizione della funzione `moltiplica_per` che accetta un parametro `fattore`.



- ② Definizione della funzione `moltiplica` che accetta un parametro `numero`.
  - ③ La funzione `moltiplica` moltiplica `numero` per `fattore`.
  - ④ `moltiplica_per` restituisce la funzione `moltiplica`.
  - ⑤ `double` è una chiusura che ricorda il valore di `fattore` come 2.
  - ⑥ `double(5)` restituisce 10.
- Funzioni di richiamo e gestione degli eventi: In programmazione asincrona, le chiusure sono spesso utilizzate per definire funzioni di richiamo che ricordano il contesto in cui sono state create. Esempio in Python:

```
def on_event(message): ①
 def handle_event(): ②
 print(f"Event: {message}") ③

 return handle_event ④

event_handler = on_event("Hello World") ⑤
event_handler() ⑥
```

- ① Definizione della funzione `on_event` che accetta un parametro `message`.
  - ② Definizione della funzione `handle_event`.
  - ③ La funzione `handle_event` stampa `message`.
  - ④ `on_event` restituisce la funzione `handle_event`.
  - ⑤ `event_handler` è una chiusura che ricorda il valore di `message` come `Hello World`.
  - ⑥ Chiamata della funzione `event_handler`, stampa `Event: Hello World`.
- Programmazione funzionale: Le chiusure sono un costrutto fondamentale per molte tecniche della programmazione funzionale, come l'applicazione parziale e la trasformazione di una funzione con parametri multipli in una sequenza di funzioni aventi un unico parametro (inglese: *currying*).<sup>3</sup>

Il currying può essere estremamente utile per creare funzioni generiche che possono essere specializzate in vari contesti. Ad esempio, consideriamo un'applicazione che richiede l'invio di messaggi a diversi destinatari con diverse priorità.

Esempio in Python:

```
def invia_messaggio(tipo_messaggio): ①
 def messaggio(priorita, destinatario, testo): ②
 if tipo_messaggio == "Email": ③
 print(f"Invio email a {destinatario} con priorità {priorita}: {testo}") ④

 elif tipo_messaggio == "SMS": ⑤
 print(f"Invio SMS a {destinatario} con priorità {priorita}: {testo}") ⑥

 return messaggio ⑦
```

<sup>3</sup>Il currying è una tecnica di trasformazione delle funzioni che prende il nome dal logico matematico Haskell Curry, sebbene il concetto sia stato inizialmente sviluppato da Moses Schönfinkel. In contesto matematico, questo principio può essere fatto risalire ai lavori di Gottlob Frege del 1893. Il currying consiste nel trasformare una funzione con più argomenti in una sequenza di funzioni ciascuna delle quali accetta un singolo argomento. Formalmente, data una funzione  $f$  di due variabili  $f(x, y)$ , il currying la trasforma in una funzione  $g$  tale che  $g(x)(y) = f(x, y)$ . Il linguaggio di programmazione Haskell, che supporta nativamente il currying, è stato chiamato così in onore proprio di Haskell Curry, riconoscendo il suo contributo alla logica combinatoria e alla teoria delle funzioni. Per approfondire: (Wikipedia 'Currying' page contributors 2024), (Haskell wiki 'Currying' page contributors 2024), (Abelson, Jay Sussman 1996), (Curry 1950).

```

invia_email = invia_messaggio("Email")
invia_sms = invia_messaggio("SMS")

invia_email("Alta", "alice@example.com", "Ciao Alice!")

invia_sms("Bassa", "1234567890", "Ciao!")

```

- ① Definizione della funzione `invia_messaggio` che accetta un parametro `tipo_messaggio`.
- ② Definizione della funzione `messaggio` che accetta `priorita`, `destinatario`, e `testo`.
- ③ Controllo del tipo di messaggio.
- ④ Stampa specifica per l'invio di un'email.
- ⑤ Controllo del tipo di messaggio.
- ⑥ Stampa specifica per l'invio di un SMS.
- ⑦ `invia_messaggio` restituisce la funzione `messaggio`.
- ⑧ `invia_email` è una funzione specializzata per inviare email.
- ⑨ `invia_sms` è una funzione specializzata per inviare SMS.
- ⑩ Invio di un'email con priorità alta.
- ⑪ Invio di un SMS con priorità bassa.

Esempio in Haskell:

```

-- Definizione della funzione curryata per inviare messaggi
inviaMessaggio :: String -> String -> String -> IO ()
inviaMessaggio tipoMessaggio priorita destinatario testo =
 if tipoMessaggio == "Email"

 then putStrLn ("Invio email a " ++ destinatario ++ " con priorità " ++ priorita ++ ": " ++ testo)

 else if tipoMessaggio == "SMS"

 then putStrLn ("Invio SMS a " ++ destinatario ++ " con priorità " ++ priorita ++ ": " ++ testo)

 else putStrLn "Tipo di messaggio sconosciuto"

-- Funzioni specializzate
inviaEmail :: String -> String -> String -> IO ()

inviaEmail = inviaMessaggio "Email"

inviaSMS :: String -> String -> String -> IO ()

inviaSMS = inviaMessaggio "SMS"

main :: IO ()
main = do
 inviaEmail "Alta" "alice@example.com" "Ciao Alice!"

 inviaSMS "Bassa" "1234567890" "Ciao!"

```

- ① Definizione della funzione `inviaMessaggio` che accetta quattro parametri: tipo di messaggio, priorità, destinatario e testo.
- ② Controllo del tipo di messaggio.
- ③ Stampa specifica per l'invio di un'email.
- ④ Controllo del tipo di messaggio.
- ⑤ Stampa specifica per l'invio di un SMS.
- ⑥ Gestione di un tipo di messaggio sconosciuto.
- ⑦ Definizione del tipo della funzione `inviaEmail`.
- ⑧ `inviaEmail` è una funzione specializzata per inviare email.
- ⑨ Definizione del tipo della funzione `inviaSMS`.
- ⑩ `inviaSMS` è una funzione specializzata per inviare SMS.
- ⑪ Definizione della funzione `main`.
- ⑫ Invio di un'email con priorità alta.
- ⑬ Invio di un SMS con priorità bassa.



## 8. Il modello dati dei linguaggi di programmazione

Un **modello dati** è una rappresentazione formale dei tipi di dati del linguaggio e delle operazioni che possono essere eseguite su di essi. Esso definisce le strutture fondamentali attraverso le quali i dati vengono organizzati, memorizzati, manipolati e interagiscono all'interno del programma.

Le componenti il modello dati sono:

### 1. Tipi di dati:

- **Tipi primitivi:** Questi sono i tipi di dati fondamentali che il linguaggio supporta nativamente, come numeri interi, numeri in virgola mobile, caratteri e booleani.
- **Tipi composti:** Questi sono tipi di dati costruiti combinando tipi primitivi. Esempi comuni includono array, liste, tuple, set e dizionari.
- **Tipi di dati definiti dall'utente:** Questi sono tipi di dati che possono essere definiti dagli utenti del linguaggio, come le `struct` in C oppure le classi in Python o C++, che permettono di creare tipi di dati personalizzati.

### 2. Operazioni:

- **Operazioni aritmetiche:** Operazioni che possono essere eseguite sui tipi di dati, come addizione, sottrazione, moltiplicazione e divisione per i numeri.
- **Operazioni logiche:** Operazioni che coinvolgono valori booleani, come AND, OR e NOT.
- **Operazioni di sequenza:** Operazioni che si possono eseguire su sequenze di dati, come l'indicizzazione, la *slicing* e l'iterazione.
- **Altre operazioni ad hoc per il tipo di dato.**

### 3. Regole di comportamento:

- **Mutabilità:** Determina se un oggetto può essere modificato dopo la sua creazione. Oggetti mutabili, come liste e dizionari in Python, possono essere cambiati. Oggetti immutabili, come tuple e stringhe, non possono essere modificati dopo la loro creazione.
- **Copia e clonazione:** Regole che determinano come i dati vengono copiati. Per esempio, in Python, la copia di una lista crea una nuova lista con gli stessi elementi, mentre la copia di un intero crea solo un riferimento allo stesso valore.

## 8.1. Linguaggi procedurali

Nei linguaggi di programmazione procedurali, il modello dati è incentrato su tipi di dati semplici e composti che supportano lo stile di programmazione orientato alle funzioni e procedure. Alcune caratteristiche tipiche includono:

- Tipi primitivi: Numeri interi, numeri a virgola mobile, caratteri e booleani.
- Strutture composite: Array, strutture (**struct**) e unioni (**union**). Gli array permettono di gestire collezioni di elementi dello stesso tipo, mentre le strutture permettono di combinare vari tipi di dati sotto un unico nome. Le unioni consentono di memorizzare diversi tipi di dati nello stesso spazio di memoria, ma solo uno di essi può essere attivo alla volta.
- Operazioni basate su funzioni: Le operazioni sui dati vengono eseguite attraverso funzioni che manipolano i valori passati come argomenti.

Esempio in C:

```
#include <stdio.h>
#include <string.h>

#define MAX_DATI 100

union Valore {
 int intero;
 float decimale;
 char carattere;
};

struct Dato {
 char tipo;
 // 'i' per int, 'f' per float, 'c' per char
 union Valore valore;
};

void stampa_dato(struct Dato d) {
 switch (d.tipo) {
 case 'i':
 printf("Intero: %d\n", d.valore.intero);
 break;

 case 'f':
 printf("Float: %f\n", d.valore.decimale);
 break;

 case 'c':
 printf("Carattere: %c\n", d.valore.carattere);
 break;

 default:
 printf("Tipo sconosciuto\n");
 }
}
```

```

 break;
 }
}

int confronta_dato(struct Dato d1, struct Dato d2) {
 if (d1.tipo != d2.tipo) return 0;

 switch (d1.tipo) {
 case 'i': return d1.valore.intero == d2.valore.intero;

 case 'f': return d1.valore.decimale == d2.valore.decimale;

 case 'c': return d1.valore.carattere == d2.valore.carattere;

 default: return 0;
 }
}

void inserisci_dato(struct Dato dati[], int *count, struct Dato nuovo_dato) { ④
 if (*count < MAX_DATI) {
 dati[*count] = nuovo_dato;

 (*count)++;
 } else {
 printf("Array pieno, impossibile inserire nuovo dato.\n");
 }
}

void cancella_dato(struct Dato dati[], int *count, struct Dato dato_da_cancellare) { ⑤
 for (int i = 0; i < *count; i++) {
 if (confronta_dato(dati[i], dato_da_cancellare)) {
 for (int j = i; j < *count - 1; j++) {
 dati[j] = dati[j + 1];
 }

 (*count)--;

 i--;
 }
 }
}

int main() {
 struct Dato dati[MAX_DATI]; ⑥
 int count = 0;

 struct Dato dato1 = {'i', .valore.intero = 42};
 struct Dato dato2 = {'f', .valore.decimale = 3.14};

```

```

struct Dato dato3 = {'c', .valore.carattere = 'A'};

inserisci_dato(dati, &count, dato1);
inserisci_dato(dati, &count, dato2);
inserisci_dato(dati, &count, dato3);

for (int i = 0; i < count; i++) {
 stampa_dato(dati[i]);
}

cancella_dato(dati, &count, dato1);

printf("Dopo cancellazione:\n");

for (int i = 0; i < count; i++) {
 stampa_dato(dati[i]);
}

return 0;
}

```

- ① Definizione di una **union**.
- ② Definizione di una **struct** che include la **union**.
- ③ Funzione per stampare i valori in base al tipo.
- ④ Funzione per inserire un nuovo dato alla fine dell'array.
- ⑤ Funzione per cancellare tutte le occorrenze di un dato dall'array.
- ⑥ Definizione di un array di **struct Dato**.
- ⑦ Inserimento di dati nell'array.
- ⑧ Stampa dei dati nell'array.
- ⑨ Cancellazione di un dato specifico e ristampa dell'array.

L'esempio mostra come nel modello dati del linguaggio C possono essere definiti dei tipi composti (**Dato**, **Valore**) e delle operazioni su quelli (**stampa\_dato**, **confronta\_dato**, **inserisci\_dato**, **cancella\_dato**). Il codice, pur realizzante una semplice libreria, appare *slegato*, cioè con funzioni che si applicano a tipi di dati specifici solo dall'interpretazione degli identificatori della funzione stessa e dei suoi parametri, cioè senza un legame esplicito e non ambiguo, tra tipo e funzione.

## 8.2. Linguaggi orientati agli oggetti

La programmazione orientata agli oggetti è un paradigma che utilizza **oggetti** per rappresentare concetti ed entità del mondo reale o astratto. Questo approccio si basa su un processo mentale fondamentale per risolvere problemi complessi: la decomposizione. Un problema complesso è più facilmente risolvibile se diviso in parti più piccole, ciascuna delle quali possiede uno stato e la possibilità di interagire con le altre parti. Questa divisione può essere effettuata per gradi, come se si osservasse sempre più da vicino il problema, effettivamente continuanandone la specificazione, fino a raggiungere un livello sufficientemente di dettaglio da poter essere realizzato come istruzioni, codificate in costrutti permessi dalla sintassi del linguaggio, dell'oggetto.



### 8.2.1. Oggetti

Lo stato di un oggetto è definito dai suoi attributi, i cui valori possono essere altri oggetti già disponibili, sia definiti dall'utente che dal linguaggio. L'interazione tra diversi oggetti avviene attraverso i metodi, che sono funzioni associate agli oggetti che possono modificare lo stato dell'oggetto o invocare metodi su altri oggetti.

I membri di un oggetto (attributi e metodi) possono avere diverse limitazioni di accesso, definite dal concetto di visibilità:

- **Pubblica:** Gli attributi e i metodi pubblici sono accessibili da qualsiasi parte del programma. Questa visibilità permette a qualsiasi altro oggetto o funzione di interagire con questi membri.
- **Privata:** Gli attributi e i metodi privati sono accessibili solo da altri membri dell'oggetto e rispondono alla esigenza di separare il codice di interfaccia da quello utile al funzionamento interno.
- **Protetta:** Gli attributi e i metodi protetti sono accessibili da tutti i membri del medesimo oggetto ma, a differenza dei privati, anche da quelli degli oggetti derivati. Questo fornisce un livello intermedio di accesso, utile per la gestione dell'ereditarietà.

L'**incapsulamento** è il principio su cui si basa la gestione della visibilità e guida la separazione del codice realizzante le specificità di un oggetto, da come è fruito dagli altri oggetti. Questo protegge l'integrità del suo stato e ne facilita la manutenzione del codice stesso, permettendo modifiche di implementazione, senza impatti sul codice esterno fintantoché non si cambiano i membri pubblici. Inoltre, se ben sfruttata nella progettazione, rende il codice più comprensibile e riduce la superficie d'attacco.

### 8.2.2. Classi

Un oggetto può essere generato da una struttura statica che ne definisce tutte le caratteristiche, la **classe**, oppure può essere creato a partire da un altro oggetto esistente, noto come **prototipo**.

Nella programmazione ad oggetti basata su classi, ogni oggetto è un'istanza *vivente* di una classe predefinita, che ne rappresenta il progetto o l'archetipo. La classe definisce i membri e la visibilità, quindi, in definitiva tutte le proprietà comuni agli oggetti dello stesso tipo o matrice. Gli oggetti vengono creati chiamando un metodo speciale della classe, noto come costruttore e, all'atto della loro vita, un secondo metodo, il distruttore, che si occupa di effettuare le azioni di terminazione.

La classe può inoltre definire metodi e attributi particolari, che possono essere ereditati da altre classi, cioè possono essere utilizzati da quest'ultime al pari dei propri membri. In tal modo, il linguaggio permette la costruzione di gerarchie di classi che modellano relazioni di specializzazione, dalla più generale alla più particolare.

Ciò, oltre ad essere uno strumento di progettazione utile di per sé, facilita il riuso del codice per mezzo dell'estensione, al posto della modifica, di funzionalità. La classe che eredita da un'altra classe si definisce *derivata* dalla classe che, a sua volta, è detta *base*.

### 8.2.3. Prototipi

Alternativamente, alcuni linguaggi usano il concetto di prototipo, in cui gli oggetti sono le entità principali e non esiste una matrice separata come la classe. In questo paradigma, ogni oggetto può servire da prototipo per altri e ciò significa che, invece di creare nuove istanze di una classe, si creano nuovi oggetti clonando o estendendo quelli esistenti. È possibile aggiungere o modificare proprietà e metodi di un oggetto prototipo e, in tal caso, queste modifiche si propagheranno in tutti gli oggetti che derivano da esso.

## 8. Il modello dati dei linguaggi di programmazione

Il paradigma basato su prototipi offre maggiore flessibilità e dinamismo rispetto a quello basato su classi, poiché la struttura degli oggetti può essere modificata in modo dinamico. D'altronde, questo approccio può anche introdurre complessità e rendere più difficile la gestione delle gerarchie di oggetti e la comprensione del codice, poiché non esistono strutture fisse come le classi.

### 8.2.4. Esempi di gerarchie di classi e prototipi

Vediamo le differenze tra classi e prototipi, riprendendo l'esempio in Java nella versione semplificata (senza astrazione):

```
class Animale {
 String nome;

 Animale(String nome) {
 this.nome = nome;
 }

 void faiVerso() {
 System.out.println("L'animale fa un verso");
 }
}

class Cane extends Animale {

 Cane(String nome) {
 super(nome);
 }

 @Override
 void faiVerso() {
 System.out.println("Il cane abbaia");
 }
}

public class Main {
 public static void main(String[] args) {
 Animale mioCane = new Cane("Fido");

 mioCane.faiVerso();
 }
}
```

Implementiamo il medesimo programma in Javascript<sup>1</sup>, linguaggio che usa il concetto di prototipo:

---

<sup>1</sup>In JavaScript, le classi come sintassi sono state introdotte in ECMAScript 6 (ES6), per semplificare la creazione di oggetti e la gestione dell'ereditarietà prototipale. Tuttavia, è importante capire che sotto il cofano, JavaScript non utilizza classi nel senso tradizionale come in linguaggi come Java o C++ e non esiste un meccanismo nativo per creare classi astratte, anche se è possibile simulare il comportamento delle classi astratte utilizzando varie tecniche. Una comune è quella di lanciare un'eccezione se un metodo funzionalmente astratto non viene sovrascritto nella classe derivata.

```

let Animale = {
 nome: "Generic",

 init: function(nome) {
 this.nome = nome;
 },

 faiVerso: function() {
 console.log("L'animale fa un verso");
 }
};

let Cane = Object.create(Animale);

Cane.faiVerso = function() {
 console.log("Il cane abbaia");
};

let mioCane = Object.create(Cane);
mioCane.init("Fido");

mioCane.faiVerso();

```

- ① Definizione dell'oggetto prototipo `Animale`.
- ② Creazione di un nuovo oggetto basato sul prototipo `Animale`.
- ③ Viene creato un nuovo oggetto `Cane` basato sul prototipo `Animale`, usando `Object.create(Animale)`. Questo permette a `Cane` di ereditare proprietà e metodi da `Animale`. Il metodo `faiVerso` viene sovrascritto nell'oggetto `Cane` per specificare il comportamento da cane.
- ④ Un nuovo oggetto `mioCane` viene creato basandosi sul prototipo `Cane` usando `Object.create(Cane)`.
- ⑤ Il metodo `init` viene chiamato per inizializzare il nome dell'oggetto `mioCane`.
- ⑥ Quando viene chiamato `mioCane.faiVerso()`, il metodo sovrascritto nell'oggetto `Cane` viene eseguito, mostrando `Il cane abbaia`.

### 8.2.5. Ereditarietà

Come abbiamo visto, l'ereditarietà è un meccanismo che permette a una classe di ereditare membri da un'altra classe. Essa si può presentare singola o **multipla**, ove la prima consente a una classe derivata di estendere solo una classe base. Questo è il modello di ereditarietà più comune e supportato da molti linguaggi di programmazione orientati agli oggetti, come Java e C#.

L'ereditarietà multipla è tale da permettere a una classe di ricevere attributi e metodi contemporaneamente da più classi base. Questo meccanismo risponde all'esigenza di specializzare più concetti allo stesso tempo. Va sottolineato che è uno strumento potente pronò, però, ad abusi, perché può introdurre complessità nella gestione delle gerarchie di classi e causare conflitti quando lo stesso metodo è ereditato da più classi, situazione nota come *problema del diamante*. Pertanto, alcuni linguaggi ne limitano l'applicazione, come Java che consente solo l'ereditarietà multipla di interfacce, ma non di classi. Altri, come Go, non supportano l'ereditarietà per scelta di progettazione. Go enfatizza la composizione rispetto all'ereditarietà per promuovere uno stile di programmazione più essenziale e flessibile. La composizione consente di costruire comportamenti complessi

aggregando oggetti più semplici, evitando le complicazioni delle gerarchie di classi multilivello. Il C++, invece, supporta completamente l'ereditarietà multipla.

### 8.2.6. Interfacce e classi astratte

Le **interfacce** e le **classi astratte** sono due concetti fondamentali nella programmazione orientata agli oggetti, che consentono di definire contratti che le classi concrete devono rispettare.

Un'interfaccia è un contratto che specifica un insieme di metodi che una classe deve implementare, senza fornire l'implementazione effettiva di questi metodi. Sono utilizzate per definire comportamenti comuni che possono essere condivisi da classi diverse, indipendentemente dalla loro posizione nella gerarchia delle classi. Le classi che implementano un'interfaccia devono fornire una definizione concreta per tutti i metodi dichiarati nell'interfaccia. In Java, ad esempio, le interfacce sono definite con la parola chiave **interface**.

Una classe astratta è una classe che non può essere istanziata direttamente. Può contenere sia metodi astratti (senza codice al loro interno, che devono essere implementati dalle classi derivate) sia metodi concreti (con codice all'interno, che possono essere utilizzati dalle classi derivate). Le classi astratte sono utilizzate per fornire una base comune con alcune implementazioni di default e lasciare ad altre classi il compito di completare l'implementazione. In Java, le classi astratte sono definite con la parola chiave **abstract**.

Esempio di interfaccia, classe astratta e ereditarietà multipla in Java:

```
interface Domestificazione { ①
 void assegnaAddomesticato(boolean addomesticato); ②
 boolean ottieniAddomesticato(); ③
}

abstract class Animale { ④
 String nome;

 Animale(String nome) {
 this.nome = nome;
 }

 abstract String faiVerso(); ⑤

 String descrizione() { ⑥
 return "L'animale si chiama " + nome;
 }
}

class Cane extends Animale implements Domestificazione { ⑦
 private boolean addomesticato; ⑧

 Cane(String nome) {
 super(nome);
 }

 @Override
 String faiVerso() { ⑨

```

```

 return "Il cane abbaia";
}

@Override
public void assegnaAddomesticato(boolean addomesticato) {
 this.addomesticato = addomesticato;
}

@Override
public boolean ottieniAddomesticato() {
 return addomesticato;
}
}

class Coccodrillo extends Animale {

 Coccodrillo(String nome) {
 super(nome);
 }

 @Override
 String faiVerso() {
 return "";
 }
}

public class Main {
 public static void main(String[] args) {
 Cane mioCane = new Cane("Fido");

 System.out.println(mioCane.descrizione());
 System.out.println(mioCane.faiVerso());

 mioCane.assegnaAddomesticato(true);
 System.out.println("Cane addomesticato: " +
 mioCane.ottieniAddomesticato());

 Coccodrillo mioCoccodrillo = new Coccodrillo("Crocky");

 System.out.println(mioCoccodrillo.descrizione());
 System.out.println(mioCoccodrillo.faiVerso());
 }
}

```

- ① Interfaccia che definisce una proprietà che gli animali possono possedere, la domesticazione. Da notare che la domesticazione è una proprietà *complementare* alle altre caratterizzanti l'animale, addirittura non aprioristica.
- ② Metodo per impostare lo stato di addomesticamento dell'animale.
- ③ Metodo per verificare se è addomesticato.
- ④ Classe astratta che ha l'implementazione di una caratteristica condivisa dalle classi derivate, `descrizione()`,

e un metodo astratto per una seconda, `faiVerso()`, che, deve essere sempre presente negli oggetti di tipo base animale, ma non ne è comune l'implementazione.

- ⑤ Metodo astratto.
- ⑥ Metodo concreto.
- ⑦ Il cane è un animale che può essere addomesticato, quindi la classe `Cane` deriva `Animale` (cioè deve implementare necessariamente `faiVerso()`) e implementa `Domesticazione` (cioè deve implementare `assegnaAddomesticato()` e `ottieniAddomesticato()`). `descrizione()` viene ereditato dalla implementazione di `Animale`.
- ⑧ Variabile utile a registrare se il cane è stato addomesticato.
- ⑨ `Cane` implementa `faiVerso()` di `Animale`.
- ⑩ `Cane` implementa `assegnaAddomesticato()` di `Domesticazione`.
- ⑪ `Cane` implementa `ottieniAddomesticato()` di `Domesticazione`.
- ⑫ Il coccodrillo non è addomesticabile, quindi, `Coccodrillo` non implementa l'interfaccia `Domesticazione`, ma è comunque un animale quindi deriva `Animale` e ne implementa l'unico metodo astratto `faiVerso()`. Non essendo addomesticabile, non ha neanche l'attributo `addomesticato`.
- ⑬ Creazione dell'oggetto `Cane`.
- ⑭ Creazione dell'oggetto `Coccodrillo`.

Le interfacce e le classi astratte sono strumenti potenti per promuovere la riusabilità del codice e l'estensibilità dei sistemi software, poiché permettono di definire contratti chiari e di implementare diverse versioni di una funzionalità senza modificare il codice preesistente.

### 8.2.7. Polimorfismo

Il **polimorfismo** è un concetto chiave della programmazione orientata agli oggetti che permette a oggetti di classi diverse di essere trattati come oggetti di una classe comune. È uno strumento complementare all'ereditarietà, nelle mani del programmatore, utile a modellare comportamenti comuni per oggetti di tipi diversi, permettendo al codice di interagire con questi oggetti senza conoscere esattamente il loro tipo specifico. In termini pratici, il polimorfismo permette di chiamare metodi su oggetti di tipi diversi e ottenere comportamenti specifici a seconda del tipo di oggetto su cui viene chiamato il medesimo metodo.

Il concetto di polimorfismo è strettamente legato all'idea di contratto tra oggetti. Questo contratto è definito dalle interfacce o dalle classi base e specifica quali metodi devono essere implementati dalle classi derivate. Quando un oggetto di una classe derivata è trattato come un oggetto della classe base o di un'interfaccia, si garantisce che esso rispetti il contratto definito dalla classe base o dall'interfaccia.

Esistono due tipi principali di polimorfismo:

- Polimorfismo statico: Conosciuto soprattutto come **overloading**, si verifica quando più metodi nella stessa classe hanno lo stesso nome ma firme diverse (diverso numero o tipo di parametri). Il compilatore decide quale metodo chiamare in base alla firma del metodo.

Esempio in Java che supporta l'overloading:

```
class Esempio {
 void stampa(int a) {
 System.out.println("Intero: " + a);
 }

 void stampa(String a) {
 System.out.println("Stringa: " + a);
 }
}
```

```

 }
}

public class Main {
 public static void main(String[] args) {
 Esempio es = new Esempio();

 es.stampa(5);
 es.stampa("ciao");
 }
}

```

① Chiama il metodo `stampa(int a)`.

② Chiama il metodo `stampa(String a)`.

- Polimorfismo dinamico: Noto come **overriding**, si verifica quando una classe derivata fornisce una specifica implementazione di un metodo già definito nella sua classe base. L'implementazione da chiamare è determinata a runtime, cioè a tempo di esecuzione e non compilazione, in base al tipo dell'oggetto.

Esempio in Java riprendendo l'esempio con gli animali:

```

class Animale {
 void faiVerso() {
 System.out.println("L'animale fa un verso");
 }
}

class Cane extends Animale {
 @Override
 void faiVerso() {
 System.out.println("Il cane abbaia");
 }
}

public class Main {
 public static void main(String[] args) {
 Animale mioAnimale = new Cane();

 mioAnimale.faiVerso();
 }
}

```

① L'oggetto `mioAnimale` è dichiarato come tipo `Animale` ma istanziato come `Cane`. Questo è un esempio di polimorfismo.

② Il metodo `faiVerso()` viene chiamato sull'oggetto `mioAnimale`, ma viene eseguita la versione del metodo `faiVerso()` definita nella classe `Cane`, grazie al polimorfismo.

Il polimorfismo è strettamente legato all'ereditarietà, poiché l'ereditarietà è spesso il meccanismo che permette al polimorfismo di funzionare. Quando una classe derivata estende una classe base e sovrascrive i suoi metodi, permette agli oggetti della classe derivata di essere trattati come oggetti della classe base ma di comportarsi in modo specifico alla classe derivata.

## 8. Il modello dati dei linguaggi di programmazione

I linguaggi di programmazione hanno delle differenze in relazione al supporto del polimorfismo:

- Java: Supporta sia l'overloading che l'overriding.
- C++: Supporta sia l'overloading che l'overriding. Fornisce meccanismi per specificare il tipo di legame (statico o dinamico) usando parole chiave come `virtual`.
- Python: Supporta l'overriding, ma non l'overloading nello stesso senso di Java o C++. Python permette la definizione di metodi con argomenti predefiniti o argomenti variabili per ottenere un effetto simile all'overloading.

Esempio in Java da confrontare con quello seguente in Python:

```
class Animale {
 void faiVerso() {
 System.out.println("L'animale fa un verso");
 }
}

class Cane extends Animale {
 @Override
 void faiVerso() {
 System.out.println("Il cane abbaia");
 }

 void faiVerso(String suono) {
 System.out.println("Il cane fa: " + suono);
 }
}

public class Main {
 public static void main(String[] args) {
 Animale mioAnimale = new Cane();
 mioAnimale.faiVerso();

 Cane mioCane = new Cane();
 mioCane.faiVerso("bau");
 }
}
```

- ① Metodo `faiVerso()` definito nella classe base `Animale`.
- ② Overriding del metodo `faiVerso()` nella classe derivata `Cane`.
- ③ Overloading del metodo `faiVerso()` nella classe derivata `Cane`.
- ④ Dichiarazione di un oggetto di tipo `Animale`, ma istanziato come `Cane`.
- ⑤ Chiamata al metodo `faiVerso()`, che esegue la versione del metodo nella classe `Cane` grazie al polimorfismo.
- ⑥ Chiamata al metodo `faiVerso(String suono)`, che dimostra l'overloading del metodo nella classe `Cane`.

E in Python diventa:



```

class Animale:
 def fai_verso(self):
 print("L'animale fa un verso")

class Cane(Animale):
 def fai_verso(self):
 print("Il cane abbaia")

 def fai_verso_con_suono(self, suono):
 print(f"Il cane fa: {suono}")

mio_animale = Cane()
mio_animale.fai_verso()

mio_cane = Cane()
mio_cane.fai_verso_con_suono("bau")

```

- ① Metodo `fai_verso()` definito nella classe base `Animale`.
- ② Overriding del metodo `fai_verso()` nella classe derivata `Cane`.
- ③ Definizione di un metodo aggiuntivo `fai_verso_con_suono` nella classe derivata `Cane` (Python non supporta l'overloading nello stesso senso di Java).
- ④ Dichiarazione e istanziazione di un oggetto `mio_animale` come `Cane`.
- ⑤ Chiamata al metodo `fai_verso()`, che esegue la versione del metodo nella classe `Cane` grazie al polimorfismo.
- ⑥ Chiamata al metodo `fai_verso_con_suono(suono)`, che dimostra una forma di polimorfismo simile all'overloading in Python.

L'overriding è possibile grazie al **dynamic dispatch**, un meccanismo che consente di selezionare a runtime il metodo corretto da invocare in base al tipo effettivo dell'oggetto. Lo **static dispatch**, al contrario, avviene al tempo di compilazione.

Ma il dispatch, cioè l'individuazione del metodo da eseguire, può essere singolo (**single dispatch**), così come presente nella maggior parte dei linguaggi orientati agli oggetti come Java e C++, e dove la scelta del metodo dipende solo dal tipo dell'oggetto sul quale il metodo stesso viene chiamato. Questo tipo di dispatch è sufficiente per supportare il polimorfismo detto di *sottotipo*, dove le classi derivate possono sovrascrivere i metodi della classe base e il metodo corretto viene selezionato a runtime in base al tipo effettivo dell'oggetto.

Il **multiple dispatch**, invece, estende ulteriormente le capacità del polimorfismo permettendo la selezione del metodo da invocare basandosi sui tipi runtime di più di un argomento. Questo è particolarmente utile in scenari dove il comportamento dipende da combinazioni di tipi di oggetti, e non solo dal tipo dell'oggetto su cui il metodo è chiamato. Linguaggi come Julia e CLOS (Common Lisp Object System) supportano nativamente il multiple dispatch, mentre linguaggi come Java e C++ non lo supportano direttamente ma possono emularlo attraverso pattern come il *visitor*.

### 8.2.8. Altri concetti

Dopo aver compreso i concetti fondamentali della programmazione orientata agli oggetti (OOP), come oggetti, classi, prototipi, ereditarietà e polimorfismo, è importante esplorare altri aspetti avanzati che contribuiscono alla potenza e alla flessibilità di questo paradigma.

### 8.2.8.1. Mixin e trait

I **mixin** e i **trait** sono concetti che permettono di aggiungere funzionalità a una classe senza utilizzare l'ereditarietà classica.

I mixin sono classi che offrono metodi che possono essere utilizzati da altre classi senza essere una classe base di queste ultime. Permettono di combinare comportamenti comuni tra diverse classi.

Esempio:

```
class MixinA:
 def metodo_a(self):
 print("Metodo A")

class MixinB:
 def metodo_b(self):
 print("Metodo B")

class ClasseConMixin(MixinA, MixinB):
 pass

obj = ClasseConMixin()
obj.metodo_a()
obj.metodo_b()
```

I trait sono simili ai mixin e permettono di definire metodi che possono essere riutilizzati in diverse classi. Sono supportati nativamente in linguaggi come Scala e Rust.

```
trait TraitA {
 def metodoA(): Unit = println("Metodo A")
}

trait TraitB {
 def metodoB(): Unit = println("Metodo B")
}

class ClasseConTrait extends TraitA with TraitB

val obj = new ClasseConTrait()
obj.metodoA()
obj.metodoB()
```

### 8.2.8.2. Duck Typing

Il **duck typing** è un concetto che si applica principalmente nei linguaggi dinamici, dove l'importanza è data al comportamento degli oggetti piuttosto che alla loro appartenenza a una specifica classe. Se un oggetto implementa i metodi richiesti da una certa operazione, allora può essere utilizzato per quella operazione, indipendentemente dal suo tipo.

Esempio:

```
class Anatra:
 def quack(self):
 print("Quack!")

class Persona:
 def quack(self):
 print("Sono una persona che imita un'anatra")

def fai_quack(oggetto):
 oggetto.quack()

anatra = Anatra()
persona = Persona()

fai_quack(anatra)
fai_quack(persona)
```



## 9. Altri concetti semantici dei linguaggi di programmazione

Dopo aver esplorato variabili, funzioni e oggetti, ci sono altri concetti semantici essenziali nei linguaggi di programmazione che completano la comprensione del comportamento dei programmi. Questi concetti includono la concorrenza, l'input/output (I/O), le annotazioni e i metadati, e le macro e la metaprogrammazione.

### 9.1. Concorrenza

La concorrenza è la capacità di un programma di eseguire più sequenze di istruzioni in parallelo, migliorando le prestazioni e la reattività. La concorrenza è particolarmente utile in applicazioni che richiedono l'elaborazione simultanea di compiti indipendenti, come server web, sistemi di gestione di basi di dati e applicazioni interattive.

Un concetto fondamentale della concorrenza è il **thread**, che rappresenta la più piccola unità di elaborazione eseguibile in modo indipendente. I thread permettono l'esecuzione parallela di codice all'interno di un programma, ma introducono la necessità di gestire l'accesso concorrente alle risorse condivise.

La **sincronizzazione** è essenziale per evitare condizioni di gara, che si verificano quando il risultato dell'esecuzione dipende dalla sequenza temporale in cui i thread accedono alle risorse. Meccanismi come i **lock** e i **mutex** garantiscono che solo un thread alla volta possa accedere a una risorsa condivisa, prevenendo conflitti e garantendo la consistenza dei dati.

In linguaggi moderni, come Python e JavaScript, la gestione delle operazioni asincrone è facilitata da costrutti come **async/await**. Questi costrutti migliorano l'efficienza e la reattività delle applicazioni, permettendo di eseguire operazioni di I/O senza bloccare il thread principale.

### 9.2. Input/Output (I/O)

L'input/output (I/O) gestisce la comunicazione tra un programma e il suo ambiente esterno. Il **File I/O** permette la lettura e la scrittura su file, consentendo di memorizzare e recuperare dati persistenti. In molti linguaggi, come C e Python, le operazioni di file I/O sono supportate da funzioni o metodi che aprono, leggono, scrivono e chiudono file.

Il **Network I/O** facilita la comunicazione tra sistemi diversi attraverso reti, consentendo di inviare e ricevere dati tra computer. Linguaggi come Java e Python offrono librerie per la gestione delle connessioni di rete, il trasferimento di dati e la comunicazione tra client e server.

Lo **Standard I/O** comprende l'interazione con l'utente tramite input da tastiera e output su schermo. In C, funzioni come **scanf** e **printf** gestiscono lo standard I/O, mentre in Python si utilizzano **input** e **print**.

### 9.3. Annotazioni e Metadati

Le annotazioni e i metadati forniscono informazioni aggiuntive al compilatore o al runtime, influenzando il comportamento del programma o fornendo dettagli utili per la documentazione e l'analisi del codice.

Le **annotazioni** sono utilizzate per specificare comportamenti speciali o configurazioni. In Java, le annotazioni come `@Deprecated` indicano che un metodo è obsoleto, `@Override` segnala che un metodo sovrascrive un metodo della superclasse, e `@Entity` e `@Table` in JPA (Jakarta Persistence) definiscono la relazione tra entità e tabelle nel contesto di un database. In Python, le annotazioni dei tipi (type hint) indicano i tipi delle variabili, dei parametri di funzione e dei valori di ritorno, migliorando la leggibilità e facilitando il type checking automatico.

Le **docstring** in Python sono commenti strutturati che documentano il codice. Utilizzate per descrivere moduli, classi, metodi e funzioni, le docstring rendono il codice più leggibile e comprensibile e possono essere utilizzate per generare documentazione automatica.

### 9.4. Macro e Metaprogrammazione

Le macro e la metaprogrammazione permettono di scrivere codice che manipola altre porzioni di codice, migliorando la flessibilità e il riutilizzo.

Le **macro** sono sequenze di istruzioni predefinite che possono essere inserite nel codice durante la fase di precompilazione. In C, le macro sono utilizzate con il preprocessore per definire costanti, funzioni inline e codice condizionale. Le macro permettono di evitare la duplicazione di codice, ma possono anche introdurre complessità e difficoltà di debug.

La **metaprogrammazione** consiste nello scrivere codice che genera o modifica altre parti del codice a runtime o a compile-time. In Python, la metaprogrammazione include l'uso di decoratori, che sono funzioni che modificano il comportamento di altre funzioni, e metaclassi, che permettono di controllare la creazione e il comportamento delle classi. L'introspezione, che consente di esaminare gli oggetti durante l'esecuzione del programma, è un'altra potente tecnica di metaprogrammazione.

## 10. L'Impatto dell'intelligenza artificiale generativa sulla programmazione

Con l'avvento dell'**intelligenza artificiale generativa** (IA generativa), la programmazione ha subito una trasformazione significativa. Prima dell'IA generativa, i programmatori dovevano tutti scrivere manualmente ogni riga di codice, seguendo rigorosamente la sintassi e le regole del linguaggio di programmazione scelto. Questo processo richiedeva una conoscenza approfondita degli algoritmi, delle strutture dati e delle migliori pratiche di programmazione.

Inoltre, i programmatori dovevano creare ogni funzione, classe e modulo a mano, assicurandosi che ogni dettaglio fosse corretto, identificavano e correggevano gli errori nel codice con un processo lungo e laborioso, che comportava anche la scrittura di casi di test e l'esecuzione di sessioni di esecuzione di tali casi. Infine, dovevano scrivere documentazione dettagliata per spiegare il funzionamento del codice e facilitare la manutenzione futura.

### 10.1. Attività del programmatore con l'IA Generativa

L'IA generativa ha introdotto nuovi strumenti e metodologie che stanno cambiando il modo in cui i programmatori lavorano:

1. **Generazione automatica del codice:** Gli strumenti di IA generativa possono creare porzioni di codice basate su descrizioni ad alto livello fornite dai programmatori. Questo permette di velocizzare notevolmente lo sviluppo iniziale e ridurre gli errori di sintassi.
2. **Assistenza nel debugging:** L'IA può identificare potenziali bug e suggerire correzioni, rendendo il processo di debugging più efficiente e meno dispendioso in termini di tempo.
3. **Ottimizzazione automatica:** Gli algoritmi di IA possono analizzare il codice e suggerire o applicare automaticamente ottimizzazioni per migliorare le prestazioni.
4. **Generazione di casi di test:** L'IA può creare casi di test per verificare la correttezza del codice, coprendo una gamma più ampia di scenari di quanto un programmatore potrebbe fare manualmente.
5. **Documentazione automatica:** L'IA può generare documentazione leggendo e interpretando il codice, riducendo il carico di lavoro manuale e garantendo una documentazione coerente e aggiornata.

### 10.2. L'Importanza di imparare a programmare nell'era dell'IA generativa

Nonostante l'avvento dell'IA generativa, imparare a programmare rimane fondamentale per diverse ragioni. La programmazione non è solo una competenza tecnica, ma anche un modo di pensare e risolvere problemi. Comprendere i fondamenti della programmazione è essenziale per utilizzare efficacemente gli strumenti di IA generativa. Senza una solida base, è difficile sfruttare appieno queste tecnologie. Inoltre, la programmazione

## *10. L'Impatto dell'intelligenza artificiale generativa sulla programmazione*

insegna a scomporre problemi complessi in parti più gestibili e a trovare soluzioni logiche e sequenziali, una competenza preziosa in molti campi.

Anche con l'IA generativa, esisteranno sempre situazioni in cui sarà necessario personalizzare o ottimizzare il codice per esigenze specifiche. La conoscenza della programmazione permette di fare queste modifiche con sicurezza. Inoltre, quando qualcosa va storto, è indispensabile sapere come leggere e comprendere il codice per identificare e risolvere i problemi. L'IA può assistere, ma la comprensione umana rimane cruciale per interventi mirati.

Imparare a programmare consente di sperimentare nuove idee e prototipare rapidamente soluzioni innovative. La creatività è potenziata dalla capacità di tradurre idee in codice funzionante. Sapere programmare aiuta anche a comprendere i limiti e le potenzialità degli strumenti di IA generativa, permettendo di usarli in modo più strategico ed efficace.

La tecnologia evolve rapidamente, e con una conoscenza della programmazione si è meglio preparati ad adattarsi alle nuove tecnologie e metodologie che emergeranno in futuro. Inoltre, la programmazione è una competenza trasversale applicabile in numerosi settori, dalla biologia computazionale alla finanza, dall'ingegneria all'arte digitale. Avere questa competenza amplia notevolmente le opportunità di carriera.

Infine, la programmazione è una porta d'accesso a ruoli più avanzati e specializzati nel campo della tecnologia, come l'ingegneria del software, la scienza dei dati e la ricerca sull'IA. Conoscere i principi della programmazione aiuta a comprendere meglio come funzionano gli algoritmi di IA, permettendo di contribuire attivamente allo sviluppo di nuove tecnologie.



**Parte II.**

## **Seconda parte: Le basi di Python**



# 11. Introduzione a Python

Python è un linguaggio di programmazione multiparadigma, cioè abilita o supporta più paradigmi di programmazione, e multiplatforma, potendo essere installato e utilizzato su gran parte dei sistemi operativi e hardware.

La storia di Python inizia colla pubblicazione del codice sorgente, da parte del suo creatore Guido van Rossum, nel 1991, nella versione 0.9.0. Circa tre anni dopo, nel 1994, raggiungerà la prima versione definitiva, quindi nove anni dopo il C++ e un anno prima di PHP e due rispetto a Java.

Python offre una combinazione unica di eleganza, semplicità, praticità e versatilità. Questa eleganza e semplicità derivano dal fatto che è stato progettato per essere molto simile al linguaggio naturale inglese, rendendo il codice leggibile e comprensibile. La sintassi di Python è pulita e minimalista, evitando simboli superflui come parentesi graffe e punti e virgola, e utilizzando indentazioni per definire blocchi di codice, il che forza una struttura coerente e essenziale. La semantica del linguaggio è intuitiva e coerente, il che riduce la curva di apprendimento e minimizza gli errori, anche per programmatori non professionali.

Python è gestito dalla Python Software Foundation (PSF), un'organizzazione no-profit che si occupa dello sviluppo e della promozione del linguaggio. Il sito ufficiale di Python, [python.org](http://python.org), è la risorsa principale dove è possibile trovare la documentazione ufficiale, scaricare il linguaggio, e accedere a tutorial, guide e altre risorse utili.

Il processo di aggiornamento di Python è trasparente e comunitario. Le proposte di miglioramento del linguaggio vengono discusse attraverso le *Python Enhancement Proposals* (proposte di aggiornamento di Python, PEP), documenti di design che forniscono informazioni alle comunità di Python su nuove funzionalità proposte, miglioramenti al linguaggio e altre questioni correlate. Le PEP vengono valutate e accettate da un comitato di sviluppo centrale.

Python è distribuito sotto la Python Software Foundation License, una licenza open-source che consente l'uso, la modifica e la distribuzione del linguaggio senza costi. Questa licenza garantisce che Python rimanga libero e accessibile a tutti, permettendo l'uso commerciale e non commerciale. Per quanto riguarda i documenti e la documentazione, essi sono generalmente distribuiti sotto la licenza Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike (CC BY-NC-SA), che consente di condividere e adattare il materiale, purché venga attribuito correttamente, non sia utilizzato per scopi commerciali e sia distribuito con la stessa licenza.

Tecnicamente, Python è un linguaggio interpretato e dinamico. Essere interpretato significa che il codice sorgente di Python viene eseguito direttamente dall'interprete, senza la necessità di una fase di compilazione separata. Questo offre vantaggi come la facilità di esecuzione del codice e il supporto per il debugging interattivo, ma può comportare una velocità di esecuzione inferiore rispetto ai linguaggi compilati.

Essere dinamico significa che molti aspetti del linguaggio, come i tipi delle variabili, vengono determinati a runtime piuttosto che a compile-time. Questo consente una maggiore flessibilità e facilita lo sviluppo rapido, poiché non è necessario dichiarare esplicitamente i tipi di variabili. Tuttavia, questo approccio può anche portare a errori di tipo che vengono rilevati solo durante l'esecuzione del programma.

Diventerai rapidamente produttivo con Python grazie alla sua coerenza e regolarità, alla sua ricca libreria standard e ai numerosi pacchetti e strumenti di terze parti prontamente disponibili. Python è facile da imparare, quindi è molto adatto se sei nuovo alla programmazione, ma è anche potente abbastanza per i più

sofisticati esperti. Questa semplicità ha attratto una comunità ampia e attiva che ha contribuito sia alle librerie di programmi incluse nell'implementazione ufficiale, che a molte librerie scaricabili liberamente, ampliando ulteriormente l'ecosistema di Python.

### 11.1. Perché Python è un linguaggio di alto livello?

Python è considerato un linguaggio di programmazione di alto livello, cioè utilizza un livello di astrazione elevato rispetto alla complessità dell'ambiente in cui i suoi programmi sono eseguiti. Il programmatore ha a disposizione una sintassi che è più intuitiva rispetto ad altri linguaggi come Java, C++, PHP tradizionalmente anch'essi definiti di alto livello.

Infatti, consente ai programmatori di scrivere codice in modo più concettuale e indipendente dalle caratteristiche degli hardware, anche molto diversi, su cui è disponibile. Ad esempio, invece di preoccuparsi di allocare e deallocare memoria manualmente, Python gestisce queste operazioni automaticamente. Questo libera il programmatore dai dettagli del sistema operativo e dell'elettronica, permettendogli di concentrarsi sulla logica del problema da risolvere.

Ciò ha un effetto importante sulla versatilità perché spesso è utilizzato come *interfaccia utente* per linguaggi di livello più basso come C, C++ o Fortran. Questo permette a Python di sfruttare le prestazioni dei linguaggi compilati per le parti critiche e computazionalmente intensive del codice, mantenendo al contempo una sintassi semplice e leggibile per la maggior parte del programma. Buoni compilatori per i linguaggi compilati classici possono sì generare codice binario che gira più velocemente di Python, tuttavia, nella maggior parte dei casi, le prestazioni delle applicazioni codificate in Python sono sufficienti.

### 11.2. Python come linguaggio multiparadigma

Python è un linguaggio di programmazione multiparadigma, il che significa che supporta diversi paradigmi di programmazione, permettendo di mescolare e combinare gli stili a seconda delle necessità dell'applicazione. Ecco alcuni dei paradigmi supportati da Python:

- Programmazione imperativa: Puoi scrivere ed eseguire script Python direttamente dalla linea di comando, permettendo un approccio interattivo e immediato alla programmazione, come se fosse una calcolatrice.
- Programmazione procedurale: In Python, è possibile organizzare il codice in funzioni e moduli, rendendo più semplice la gestione e la riutilizzabilità del codice. Puoi raccogliere il codice in file separati e importarli come moduli, migliorando la struttura e la leggibilità del programma.
- Programmazione orientata agli oggetti: Python supporta pienamente la programmazione orientata agli oggetti, consentendo la definizione di classi e oggetti. Questo paradigma è utile per modellare dati complessi e relazioni tra essi. Le caratteristiche orientate agli oggetti di Python sono concettualmente simili a quelle del C++, ma più semplici da usare.
- Programmazione funzionale: Python include funzionalità di programmazione funzionale, come funzioni di prima classe e di ordine superiore, lambda e strumenti come `map`, `filter` e `reduce`.

Questa flessibilità rende Python adatto a una vasta gamma di applicazioni e consente ai programmatori di scegliere l'approccio più adatto al problema da risolvere.

## 11.3. Regole formali e esperienziali

Python non è solo un linguaggio con regole sintattiche precise e ben progettate, ma possiede anche una propria filosofia, un insieme di regole di buon senso esperienziali che sono complementari alla sintassi formale. Questa filosofia è spesso riassunta nel **zen di Python**, una raccolta di aforismi che catturano i principi fondamentali del design di Python. Tali principi aiutano i programmatori a comprendere e utilizzare al meglio le potenzialità del linguaggio e dell'ecosistema Python.

Ecco alcuni dei principi dello zen di Python<sup>1</sup>:

- La leggibilità conta: Il codice dovrebbe essere scritto in modo che sia facile da leggere e comprendere.
- Esplicito è meglio di implicito: È preferibile scrivere codice chiaro e diretto piuttosto che utilizzare scorciatoie criptiche.
- Semplice è meglio di complesso: Il codice dovrebbe essere il più semplice possibile per risolvere il problema.
- Complesso è meglio di complicato: Quando la semplicità non è sufficiente, la complessità è accettabile, ma il codice non dovrebbe mai essere complicato.
- Pratico batte puro: Le soluzioni pragmatiche sono preferibili alle soluzioni eleganti ma poco pratiche.

Questi principi, insieme alle regole sintattiche, guidano il programmatore nell'adottare buone pratiche di sviluppo e nel creare codice che sia non solo funzionale ma anche mantenibile e comprensibile da altri.

## 11.4. L'ecosistema

Fino ad ora abbiamo visto Python come linguaggio, ma è molto di più: Python è anche una vasta collezione di strumenti e risorse a disposizione degli sviluppatori, strutturata in un ecosistema completo, di cui il linguaggio ne rappresenta la parte formale. Questo ecosistema è disponibile completamente, anche come sorgente, sul sito ufficiale [python.org](https://python.org).

### 11.4.1. L'interprete

L'interprete Python è lo strumento di esecuzione dei programmi. È il software che legge ed esegue il codice Python. Python è un linguaggio interpretato, il che significa che il codice viene eseguito direttamente dall'interprete, senza bisogno di essere compilato in un linguaggio macchina. Esistono diverse implementazioni dell'interprete Python:

- **CPython**: L'implementazione di riferimento dell'interprete Python, scritta in C. È la versione più utilizzata e quella ufficiale.
- **PyPy**: Un interprete alternativo che utilizza tecniche di compilazione just-in-time (JIT) per migliorare le prestazioni.
- **Jython**: Un'implementazione di Python che gira sulla JVM (Java Virtual Machine).
- **IronPython**: Un'implementazione di Python integrata col .NET Framework della Microsoft.

---

<sup>1</sup>PEP 20 – The Zen of Python

### 11.4.2. L'ambiente di sviluppo

IDLE (integrated development and learning environment) è l'ambiente di sviluppo integrato ufficiale per Python. È incluso nell'installazione standard di Python ed è progettato per essere semplice e facile da usare, ideale per i principianti. Offre diverse funzionalità utili:

- Editor di codice: Con evidenziazione della sintassi, indentazione automatica e controllo degli errori.
- Shell interattiva: Permette di eseguire codice Python in modo interattivo.
- Strumenti di debug: Include un debugger integrato con punti di interruzione e stepping.

### 11.4.3. Le librerie standard

Una delle caratteristiche più potenti di Python è il vasto insieme di librerie<sup>2</sup> utilizzabili in CPython e IDLE, che fornisce moduli e pacchetti per quasi ogni necessità di programmazione. Alcuni esempi, tra le decine e al solo allo scopo di illustrarne la varietà, includono:

- `os`: Fornisce funzioni per interagire con il sistema operativo.
- `sys`: Offre accesso a funzioni e oggetti del runtime di Python.
- `datetime`: Consente di lavorare con date e orari.
- `json`: Permette di leggere e scrivere dati in formato JSON.
- `re`: Supporta la manipolazione di stringhe tramite espressioni regolari.
- `http`: Include moduli per l'implementazione di client e server HTTP.
- `unittest`: Fornisce un framework per il testing del codice.
- `math` e `cmath`: Contengono funzioni matematiche di base e complesse.
- `itertools`, `functools`, `operator`: Offrono supporto per il paradigma di programmazione funzionale.
- `csv`: Gestisce la lettura e scrittura di file CSV.
- `typing`: Fornisce supporto per l'annotazione dei tipi di variabili, funzioni e classi.
- `email`: Permette di creare, gestire e inviare email, facilitando la manipolazione di messaggi email MIME.
- `hashlib`: Implementa algoritmi di hash sicuri come SHA-256 e MD5.
- `asyncio`: Supporta la programmazione asincrona per la scrittura di codice concorrente e a bassa latenza.
- `wave`: Fornisce strumenti per leggere e scrivere file audio WAV.

---

<sup>2</sup>Documentazione delle librerie standard di Python

#### 11.4.4. Moduli di estensione

Python supporta l'estensione del suo core tramite moduli scritti in C, C++ o altri linguaggi. Questi moduli permettono di ottimizzare parti critiche del codice o di interfacciarsi con librerie e API esterne:

- **Cython**: Permette di scrivere moduli C estesi utilizzando una sintassi simile a Python. Cython è ampiamente utilizzato per migliorare le prestazioni di parti critiche del codice, specialmente in applicazioni scientifiche e di calcolo numerico. Ad esempio, molte librerie scientifiche popolari come SciPy e scikit-learn utilizzano Cython per accelerare le operazioni computazionalmente intensive.
- **ctypes**: Permette di chiamare funzioni in librerie dinamiche C direttamente da Python. È utile per interfacciarsi con librerie esistenti scritte in C, rendendo Python estremamente versatile per l'integrazione con altre tecnologie. Ciò è utile in applicazioni che devono interfacciarsi con hardware specifico o utilizzare librerie legacy.
- **CFFI** (C Foreign Function Interface): Un'altra interfaccia per chiamare librerie C da Python. È progettata per essere facile da usare e per supportare l'uso di librerie C complesse con Python. CFFI è utilizzato in progetti come PyPy e gevent, permettendo di scrivere codice ad alte prestazioni e di gestire le chiamate a funzioni C in modo efficiente.

#### 11.4.5. Le utility e gli strumenti aggiuntivi

Python include anche una serie di strumenti e utility che facilitano lo sviluppo e la gestione dei progetti:

- **pip**: Il gestore dei pacchetti di Python. Permette di installare e gestire moduli aggiuntivi, cioè non inclusi nello standard.
- **venv**: Uno strumento per creare ambienti virtuali isolati, che permettono di gestire separatamente le dipendenze di diversi progetti.
- **Documentazione**: Python include una documentazione dettagliata, accessibile tramite il comando `pydoc` o attraverso il sito ufficiale.

### 11.5. Un esempio di algoritmo in Python: il bubble sort

Per chiudere il capitolo sul primo approccio a Python, possiamo confrontare un algoritmo, di bassa complessità ma non triviale, in diversi linguaggi di programmazione. Un buon esempio potrebbe essere l'implementazione dell'algoritmo di ordinamento *bubble sort* di una lista di valori. Vediamo come viene scritto in Python, C, C++, Java, Rust e Scala:

- Python in versione procedurale:

```
def bubble_sort(arr):
 n = len(arr)

 for i in range(n):
 for j in range(0, n-i-1):
 if arr[j] > arr[j+1]:
 arr[j], arr[j+1] = arr[j+1], arr[j]

Esempio di utilizzo
```

```
arr = [64, 34, 25, 12, 22, 11, 90]

bubble_sort(arr)

print("Array ordinato con bubble sort: ", arr)
```

- Python in versione sintatticamente orientata agli oggetti, ma praticamente procedurale:

```
class BubbleSort:
 @staticmethod
 def bubble_sort(arr):
 n = len(arr)

 for i in range(n):
 for j in range(0, n-i-1):
 if arr[j] > arr[j+1]:
 arr[j], arr[j+1] = arr[j+1], arr[j]

Esempio di utilizzo
arr = [64, 34, 25, 12, 22, 11, 90]

BubbleSort.bubble_sort(arr)

print("Array ordinato con bubble sort: ", arr)
```

- Python in versione orientata agli oggetti, con una interfaccia di ordinamento implementata con due algoritmi (bubble e insertion sort):

```
from abc import ABC, abstractmethod ①

Classe astratta per algoritmi di ordinamento
class SortAlgorithm(ABC): ②
 def __init__(self, arr):
 self._arr = arr

 @abstractmethod
 def sort(self): ③
 # Metodo astratto che deve essere implementato dalle sottoclassi
 pass

 def get_array(self):
 # Metodo per ottenere l'array corrente
 return self._arr

 def set_array(self, arr):
 # Metodo per impostare un nuovo array
 self._arr = arr

Implementazione dell'algoritmo di bubble sort
class BubbleSort(SortAlgorithm): ④
 def sort(self):
```



```

n = len(self._arr)

for i in range(n):
 for j in range(0, n-i-1):
 if self._arr[j] > self._arr[j+1]:
 self._arr[j], self._arr[j+1] = self._arr[j+1], self._arr[j]

Implementazione dell'algoritmo di insertion sort
class InsertionSort(SortAlgorithm):
 def sort(self):
 for i in range(1, len(self._arr)):
 key = self._arr[i]

 j = i - 1

 while j >= 0 and key < self._arr[j]:
 self._arr[j + 1] = self._arr[j]

 j -= 1

 self._arr[j + 1] = key

Esempio di utilizzo con bubble sort
arr = [64, 34, 25, 12, 22, 11, 90]

bubble_sorter = BubbleSort(arr)

bubble_sorter.sort()

print("Array ordinato con bubble sort: ", bubble_sorter.get_array())

Esempio di utilizzo con insertion sort
arr = [64, 34, 25, 12, 22, 11, 90]

insertion_sorter = InsertionSort(arr)

insertion_sorter.sort()

print("Array ordinato con insertion sort: ", insertion_sorter.get_array())

```

- ① Importiamo `ABC` e `abstractmethod` dal modulo `abc` per definire la classe astratta.
- ② `SortAlgorithm` è una classe astratta che rappresenta l'interfaccia di algoritmi di ordinamento.
- ③ `sort` è un metodo astratto che deve essere implementato nelle sottoclassi.
- ④ `BubbleSort` è una sottoclasse di `SortAlgorithm` che implementa l'algoritmo di ordinamento a bolle. Idem per `InsertionSort`.

- Python in versione funzionale:

```

def bubble_sort(arr):
 def sort_pass(arr, n):

```

①

```

 if n == 1:
 return arr

 new_arr = arr[:]

 for i in range(n - 1):
 if new_arr[i] > new_arr[i + 1]:
 new_arr[i], new_arr[i + 1] = new_arr[i + 1], new_arr[i]

 return sort_pass(new_arr, n - 1)

return sort_pass(arr, len(arr))

Esempio di utilizzo
arr = [64, 34, 25, 12, 22, 11, 90]

sorted_arr = bubble_sort(arr)

print("Sorted array is:", sorted_arr)

```

- ① All'interno di `bubble_sort`, è definita una funzione interna `sort_pass` che esegue un singolo passaggio dell'algoritmo di ordinamento a bolle.
- ② Viene creata una copia dell'array `arr` chiamata `new_arr`. Poi, per ogni coppia di elementi (`new_arr[i]`, `new_arr[i + 1]`), se `new_arr[i]` è maggiore di `new_arr[i + 1]`, vengono scambiati.
- ③ La funzione `sort_pass` viene chiamata ricorsivamente con `new_arr` e decrementando `n` di 1.
- ④ La funzione `bubble_sort` avvia il processo chiamando `sort_pass` con l'array completo e la sua lunghezza.

- C:

```

#include <stdio.h>

void bubble_sort(int arr[], int n) {
 int i, j, temp;

 for (i = 0; i < n-1; i++) {
 for (j = 0; j < n-i-1; j++) {
 if (arr[j] > arr[j+1]) {
 temp = arr[j];

 arr[j] = arr[j+1];

 arr[j+1] = temp;
 }
 }
 }
}

int main() {
 int arr[] = {64, 34, 25, 12, 22, 11, 90};
}

```

```

int n = sizeof(arr)/sizeof(arr[0]);

bubble_sort(arr, n);

printf("Array ordinato con bubble sort: ");

for (int i = 0; i < n; i++) {
 printf("%d ", arr[i]);
}

return 0;
}

```

- C++:

```

#include <iostream>
using namespace std;

class BubbleSort {
public:
 void sort(int arr[], int n) {
 for (int i = 0; i < n-1; i++) {
 for (int j = 0; j < n-i-1; j++) {
 if (arr[j] > arr[j+1]) {
 int temp = arr[j];

 arr[j] = arr[j+1];

 arr[j+1] = temp;
 }
 }
 }
 }

 void printArray(int arr[], int n) {
 for (int i = 0; i < n; i++) {
 cout << arr[i] << " ";
 }

 cout << endl;
 }
};

int main() {
 int arr[] = {64, 34, 25, 12, 22, 11, 90};
 int n = sizeof(arr)/sizeof(arr[0]);

 BubbleSort bs;
 bs.sort(arr, n);
}

```

```

 cout << "Array ordinato con bubble sort: ";
 bs.printArray(arr, n);

 return 0;
}

```

- Java:

```

public class BubbleSort {

 public static void bubbleSort(int arr[]) {
 int n = arr.length;

 for (int i = 0; i < n-1; i++) {
 for (int j = 0; j < n-i-1; j++) {
 if (arr[j] > arr[j+1]) {

 int temp = arr[j];

 arr[j] = arr[j+1];

 arr[j+1] = temp;
 }
 }
 }
 }

 public static void main(String args[]) {
 int arr[] = {64, 34, 25, 12, 22, 11, 90};

 bubbleSort(arr);

 System.out.println("Array ordinato con bubble sort: ");

 for (int i = 0; i < arr.length; i++) {
 System.out.print(arr[i] + " ");
 }
 }
}

```

- Rust:

```

fn bubble_sort(arr: &mut [i32]) {
 let n = arr.len();

 for i in 0..n {
 for j in 0..n-i-1 {
 if arr[j] > arr[j+1] {
 arr.swap(j, j+1);
 }
 }
 }
}

```

```

 }
}

fn main() {
 let mut arr = [64, 34, 25, 12, 22, 11, 90];

 bubble_sort(&mut arr);

 println!("Array ordinato con bubble sort: {:?}", arr);
}

```

- Scala:

```

object BubbleSort {
 def bubbleSort(arr: Array[Int]): Unit = {
 val n = arr.length

 for (i <- 0 until n) {
 for (j <- 0 until n - i - 1) {
 if (arr(j) > arr(j + 1)) {
 val temp = arr(j)

 arr(j) = arr(j + 1)

 arr(j + 1) = temp
 }
 }
 }
 }

 def main(args: Array[String]): Unit = {
 val arr = Array(64, 34, 25, 12, 22, 11, 90)

 bubbleSort(arr)

 println("Array ordinato con bubble sort: " + arr.mkString(", "))
 }
}

```

Confrontando questi esempi, possiamo osservare le differenze sintattiche e di stile tra Python ed altri, importanti, linguaggi. Python si distingue per la sua sintassi concisa e espressiva soprattutto nella versione procedurale. L'implementazione colla gerarchia di oggetti ha un piccolo incremento di complessità che è ripagato dalla possibilità di creare gerarchie di algoritmi di ordinamento, con impatti nulli sul codice preesistente.

La versione procedurale in Python e l'implementazione C, già a primo acchito, presentano un evidente diverso grado di chiarezza del codice. Inoltre, la riga `int n = sizeof(arr)/sizeof(arr[0]);` in C si rende necessaria per calcolare il numero di valori a partire dalle dimensioni totale della lista e del singolo elemento, rispetto a `n = len(arr)` di Python, dove chiediamo direttamente il numero di valori.

Il C++ e Java aggiungono caratteristiche relative agli oggetti e funzionalità di alto livello rispetto a C, al prezzo di una sintassi più complessa e verbosa. Rust e Scala sono linguaggi più moderni e si pongono nel mezzo tra C,

## *11. Introduzione a Python*

C++ e Java e Python.

## 12. Scaricare e installare Python

### 12.1. Scaricamento

1. Visita il sito ufficiale di Python: Vai su [python.org](https://python.org).
2. Naviga alla pagina di download: Clicca su *Downloads* nel menu principale.
3. Scarica il pacchetto di installazione:
  - Per Windows: Cerca Python 3.12.x e fai partire il download (assicurati di scaricare la versione più recente).
  - Per macOS: Come per Windows.
  - Per Linux: Python è spesso preinstallato. Se non lo è, usa il gestore di pacchetti della tua distribuzione (ad esempio `apt` per Ubuntu: `sudo apt-get install python3`).

### 12.2. Installazione

1. Esegui il file di installazione:
  - Su Windows: Esegui il file `.exe` scaricato. Assicurati di selezionare l'opzione `Add Python to PATH` durante l'installazione.
  - Su macOS: Apri il file `.pkg` scaricato e segui le istruzioni.
  - Su Linux: Usa il gestore di pacchetti per installare Python.
2. Verifica l'installazione:
  - Apri il terminale (Command Prompt su Windows, Terminal su macOS e Linux).
  - Digita `python --version` o `python3 --version` e premi Invio. Dovresti vedere la versione di Python installata.

### 12.3. Esecuzione del primo programma: “Hello, World!”

È consuetudine eseguire come primo programma la visualizzazione della stringa “Hello, World!”<sup>1</sup>. Possiamo farlo in diversi modi e ciò è una delle caratteristiche più apprezzate di Python.

---

<sup>1</sup>La tradizione del programma “Hello, World!” ha una lunga storia che risale ai primi giorni della programmazione. Questo semplice programma è generalmente il primo esempio utilizzato per introdurre i nuovi programmatori alla sintassi e alla struttura di un linguaggio di programmazione. Il programma “Hello, World!” è diventato famoso grazie a Brian Kernighan, che lo ha incluso nel suo libro (Kernighan, Ritchie 1988) pubblicato nel 1978. Tuttavia, il suo utilizzo risale a un testo precedente di Kernighan, (Kernighan 1973), pubblicato nel 1973, dove veniva utilizzato un esempio simile.

### 12.3.1. REPL

Il primo modo prevede l'utilizzo del REPL di Python. Il REPL (read-eval-print loop) è un ambiente interattivo di esecuzione di comandi Python generato dall'interprete, secondo il ciclo:

1. Read: Legge un input dell'utente.
2. Eval: Valuta l'input.
3. Print: Visualizza il risultato dell'esecuzione.
4. Loop: Ripete il ciclo.

Eseguiamo il nostro primo "Hello, World!":

1. Apri il terminale ed esegui l'interprete Python digitando `python` o `python3` e premi il tasto di invio della tastiera.
2. Scrivi ed esegui il programma:

```
print("Hello, World!")
```

Premi il tasto di invio per vedere il risultato immediatamente.

#### Attenzione

Il REPL e l'interprete Python sono strettamente collegati, ma non sono esattamente la stessa cosa. Quando avvii l'interprete Python senza specificare un file di script da eseguire (digitando semplicemente `python` o `python3` nel terminale), entri in modalità REPL. Nel REPL, l'interprete Python legge l'input direttamente dall'utente, lo esegue, stampa il risultato e poi attende il prossimo input. In sintesi, l'interprete può eseguire programmi Python completi salvati in file, il REPL è progettato per un'esecuzione interattiva e immediata di singole istruzioni.

### 12.3.2. Interprete

Un altro modo per eseguire il nostro programma "Hello, World!" è utilizzare l'interprete Python per eseguire un file di codice sorgente. Questo metodo è utile per scrivere programmi più complessi e per mantenere il codice per usi futuri.

Ecco come fare sui diversi sistemi operativi.

## 12.4. Windows

1. Crea un file di testo:
  - i. Apri il tuo editor di testo preferito, come Notepad.
  - ii. Scrivi il seguente codice nel file:

```
print("Hello, World!")
```

- iii. Salva il file con il nome `hello.txt`.



2. Rinomina il file (facoltativo): se desideri mantenere il file senza estensione `.txt`, puoi rinominarlo in `hello` direttamente dall'Esplora file.
3. Esegui il file Python:
  - i. Apri il prompt dei comandi.
  - ii. Naviga fino alla directory in cui hai salvato il file. Ad esempio, se il file si trova nella cartella `Documenti`, puoi digitare:

```
cd %HOMEPATH%\Documenti
```

- iii. Esegui l'interprete Python passando come argomento il file che hai creato:

```
python hello.txt
```

- iv. oppure, se il tuo sistema utilizza `python3`:

```
python3 hello.txt
```

4. Visualizza il risultato:

```
Hello, World!
```

## 12.5. macOS

1. Crea un file di testo:
  - i. Apri il tuo editor di testo preferito, come TextEdit.
  - ii. Scrivi il seguente codice nel file:

```
print("Hello, World!")
```

- iii. Salva il file con il nome `hello.txt`.

2. Rinomina il file (facoltativo): se desideri mantenere il file senza estensione `.txt`, puoi rinominarlo in `hello` direttamente dal Finder.
3. Esegui il file Python:
  - i. Apri il terminale del sistema operativo.
  - ii. Naviga fino alla directory in cui hai salvato il file. Ad esempio, se il file si trova nella cartella `Documenti`, puoi digitare:

```
cd ~/Documents
```

- iii. Esegui l'interprete Python passando come argomento il file che hai creato:

```
python3 hello.txt
```

4. Visualizza il risultato:

```
Hello, World!
```

## 12.6. Linux

1. Crea un file di testo:

- i. Apri il tuo editor di testo preferito, come Gedit o Nano.
- ii. Scrivi il seguente codice nel file:

```
print("Hello, World!")
```

- iii. Salva il file con il nome `hello.txt`.

2. Rinomina il file (facoltativo): se desideri mantenere il file senza estensione `.txt`, puoi rinominarlo in `hello` utilizzando il comando `mv` nel terminale:

```
mv hello.txt hello
```

3. Esegui il file Python:

- i. Apri il terminale del sistema operativo.
- ii. Naviga fino alla directory in cui hai salvato il file. Ad esempio, se il file si trova nella cartella `Documenti`, puoi digitare:

```
cd ~/Documenti
```

- iii. Esegui l'interprete Python passando come argomento il file che hai creato:

```
python3 hello.txt
```

4. Visualizza il risultato:

```
Hello, World!
```

Con queste istruzioni, dovresti essere in grado di eseguire il programma “Hello, World!” utilizzando un file Python su Windows, macOS e Linux.

### 12.6.1. IDE

Utilizzo di un IDE (integrated development environment) installato sul computer. Ecco alcuni dei più comuni e gratuiti.

## 12.7. IDLE

È incluso con l'installazione di Python.

1. Avvia IDLE.
2. Crea un nuovo file (`File -> New File`).
3. Scrivi il programma:

```
print("Hello, World!")
```

4. Salva il file (File -> Salva).
5. Esegui il programma (Run -> Run Module).

## 12.8. PyCharm

Proprietario ma con una versione liberamente fruibile.

1. Scarica e installa PyCharm da [jetbrains.com/pycharm/download](https://jetbrains.com/pycharm/download).
2. Crea un nuovo progetto associando l'interprete Python.
3. Crea un nuovo file Python (File -> New -> Python File).
4. Scrivi il programma:

```
print("Hello, World!")
```

5. Esegui il programma (Run -> Run...).

## 12.9. Visual Studio Code

Proprietario ma liberamente fruibile.

1. Scarica e installa VS Code da [code.visualstudio.com](https://code.visualstudio.com).
2. Installa l'estensione Python.
3. Apri o crea una nuova cartella di progetto.
4. Crea un nuovo file Python (File -> Nuovo file).
5. Scrivi il programma:

```
print("Hello, World!")
```

6. Salva il file con estensione `.py`, ad esempio `hello_world.py`.
7. Esegui il programma utilizzando il terminale integrato (Visualizza -> Terminale) e digitando `python hello_world.py`.

### 12.9.1. Esecuzione nel browser

Puoi eseguire Python direttamente nel browser, senza installare nulla. Anche qui abbiamo diverse alternative, sia eseguendo il codice localmente, che utilizzando piattaforme online.

## 12.10. Repl.it

1. Visita [repl.it](https://repl.it).
2. Crea un nuovo progetto selezionando Python.
3. Scrivi il programma:

```
print("Hello, World!")
```

4. Clicca su “Run” per eseguire il programma.

## 12.11. Google Colab

1. Visita [colab.research.google.com](https://colab.research.google.com).
2. Crea un nuovo notebook.
3. In una cella di codice, scrivi:

```
print("Hello, World!")
```

4. Premi il pulsante di esecuzione accanto alla cella.

## 12.12. PyScript

1. Visita il sito ufficiale di PyScript per ulteriori informazioni su come iniziare.
2. Crea un file HTML con il seguente contenuto:

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
 <meta charset="UTF-8">
 <title>Hello, World with PyScript</title>
 <link rel="stylesheet" href="https://pyscript.net/latest/pyscript.css">
 <script defer src="https://pyscript.net/latest/pyscript.js"></script>
</head>
<body>
 <py-script>
 print("Hello, World!")
 </py-script>
</body>
</html>
```

4. Salva il file con estensione `.html` (ad esempio, `hello.html`).
5. Apri il file salvato in un browser web. Vedrai l’output `Hello, World!` direttamente nella pagina.

### 12.12.1. Jupyter Notebook

Jupyter Notebook è un ambiente di sviluppo interattivo per la programmazione che permette di creare e condividere documenti contenenti codice eseguibile, visualizzazioni, testo formattato e altro ancora. Originariamente sviluppato come parte del progetto IPython, Jupyter supporta non solo Python, ma anche numerosi altri linguaggi di programmazione attraverso i cosiddetti kernel tra cui R, Julia e Scala.

## 12.13. Uso locale

1. Assicurati di avere Python e Jupyter installati sul tuo computer. Se non li hai, puoi installarli utilizzando Anaconda o pip:

```
pip install notebook
```

2. Avvia Jupyter Notebook dal terminale:

```
jupyter notebook
```

3. Crea un nuovo notebook Python.
4. In una cella di codice, scrivi:

```
print("Hello, World!")
```

5. Premi **Shift + Enter** per eseguire la cella.

## 12.14. JupyterHub

1. Visita l'istanza di JupyterHub della tua istituzione o azienda (maggiori informazioni).
2. Accedi con le tue credenziali.
3. Crea un nuovo notebook Python.
4. In una cella di codice, scrivi:

```
print("Hello, World!")
```

5. Premi **Shift + Enter** per eseguire la cella.

## 12.15. Binder

1. Visita [mybinder.org](https://mybinder.org).
2. Inserisci l'URL del repository GitHub che contiene il tuo notebook o il tuo progetto Python.
3. Clicca su "Launch".
4. Una volta avviato l'ambiente, crea un nuovo notebook o apri uno esistente.
5. In una cella di codice, scrivi:

```
print("Hello, World!")
```

6. Premi **Shift + Enter** per eseguire la cella.

Binder è un servizio simile a Colab, anche se quest'ultimo offre strumenti generalmente più avanzati in termini di risorse computazionali e collaborazione. Binder di contro è basato su GitHub e ciò può essere utile in alcuni contesti.

## 13. La sintassi

Per iniziare ad imparare Python come linguaggio, partiamo dalla sua struttura lessicale, cioè dall'insieme delle sue regole sintattiche più significative, sia per imparare le regole di composizione di programmi comprensibili all'interprete e sfruttarne appieno tutte le potenzialità, sia per essere in grado di utilizzare il codice scritto da altri.

Ogni programma Python è costituito da una serie di file di testo contenenti il codice sorgente con una certa codifica, il default essendo l'UTF-8, ed ogni file si può vedere come una sequenza di istruzioni, righe e token. Le istruzioni danno la granularità dell'algoritmo, le righe definiscono come queste istruzioni sono distribuite nel testo e, infine, i token sono gli elementi atomici che hanno un significato per il linguaggio.

### 13.1. Premessa

#### 13.1.1. Elementi semantici

Per dare un senso, anche intuitivo, agli esempi presentati assieme ai concetti sintattici che saranno introdotti nel seguito, è opportuno definire, informalmente, alcuni elementi semantici, a partire da nozioni di base:

- Variabile: È un nome dato ad un valore presente in memoria.
- Espressione: È una combinazione di elementi di sintassi che può essere valutata per produrre un valore. In altre parole, un'espressione è un insieme di elementi come letterali, variabili, accessi ad attributi, operatori o chiamate di funzione che restituiscono tutti un valore.
- Funzione: È un insieme di istruzioni che può essere parametrizzato da una serie di input predefiniti e può avere una serie di output, a cui è associato un nome.
- Classe: È una definizione che raggruppa un insieme di attributi e operazioni che agiscono sugli attributi della propria o di altre classi.
- Oggetto: È un'istanza di una classe, cioè un particolare valore di una classe che è stato creato in memoria.
- Modulo: È un file contenente definizioni di variabili, funzioni e classi che possono essere importate e utilizzate in altri programmi o moduli.

#### 13.1.2. Le funzioni `print()` e `help()`

Nel seguito useremo molto la funzione `print()` che permette di visualizzare informazioni sullo schermo. Ciò è fondamentale per capire cosa sta succedendo nel programma in modo immediato ed è una semplice alternativa a strumenti di *ispezione* o *debugging* messi a disposizione da IDE.

Usare `print()` è facile: basta scrivere `print(espressione)` e mettere nelle parentesi una **espressione** che si vuole visualizzare.

Ad esempio, per stampare "Ciao, mondo!", si scrive:

```
print("Ciao, mondo!")
```

Nel REPL, invece, ciò si ottiene semplicemente dando l'invio:

```
>>> "Ciao, mondo!"
'Ciao, mondo!'
```

Una seconda funzione molto utile è `help()`. Fornisce informazioni sulla documentazione di moduli, funzioni, classi e metodi.

Ad esempio, per ottenere informazioni sulla funzione `print()`, possiamo scrivere:

```
>>> help(print)
```

①

① Output di `help(print)`:

```
Help on built-in function print in module builtins:
print(*args, sep=' ', end='\n', file=None, flush=False)
 Prints the values to a stream, or to sys.stdout by default.

 sep
 string inserted between values, default a space.
 end
 string appended after the last value, default a newline.
 file
 a file-like object (stream); defaults to the current sys.stdout.
 flush
 whether to forcibly flush the stream.
```

Nel REPL offre la massima utilità, perché eseguendo `help()` si passa dalla modalità interattiva del REPL a quella di navigazione del contenuto testuale della risposta, funzionalità molto comoda soprattutto per testi lunghi. Per ritornare al REPL, basta premere `q` e poi Invio.

## 13.2. Righe

Le righe sono di due tipi: **logiche** e **fisiche**. Le seconde sono le più facilmente individuabili nel testo di un programma, perché sono terminate da un carattere di a capo. Una o più righe fisiche costituiscono una riga logica che corrisponde ad una istruzione. Esiste una eccezione, poco usata e consigliata in Python, per cui una riga fisica contiene più istruzioni separate da `;`.

Vi sono due modi per dividere una riga logica in righe fisiche. Il primo è terminare con il backslash (`\`, poco usata la traduzione *barra rovesciata* o simili) tutte le righe fisiche meno l'ultima (intendendo con ciò che il backslash precede l'a capo):



```

x = 1 + 2 + \
 3
if x > 5 and \
 x < 9:

 print("5 < x < 9")

```

- ① L'istruzione di assegnamento è spezzata su due righe fisiche.
- ② L'istruzione condizionale ha due espressioni che devono essere entrambe vere, ognuna su una riga fisica.
- ③ Non importa quanto sono indentate le righe fisiche successive alla prima e ciò può essere sfruttato per incrementare la leggibilità, ad esempio, allineando le espressioni `x > 5` e `x < 9` in colonna.

Il secondo è per mezzo di parentesi, giacché tutte le righe fisiche che seguono una con parentesi tonda `(`, quadra `[` o graffa `{` aperta, fino a quella con l'analoga parentesi chiusa, sono unite in una logica. Le regole di indentazione, che vedremo nel seguito, si applicano solo alla prima riga fisica.

Esempi sintatticamente corretti ma sconsigliabili, per l'inerente illeggibilità:

```

x = (1 + 2
 + 3 + 4)

y = [1, 2,
 3, 4 +
 5]

z = [1, 2
 , 3, 4]

```

- ① L'espressione è spezzata su due righe fisiche e le parentesi tonde rappresentano un'alternativa all'uso del backslash.
- ② Le righe fisiche della lista non hanno la stessa indentazione e una espressione è spezzata su due righe.
- ③ La lista è spezzata su due righe fisiche e un delimitatore inizia la riga anziché terminare la precedente.

## 13.3. Commenti

Un **commento** inizia con un carattere cancelletto (`#`) e termina alla fine della riga fisica. I commenti non possono coesistere con il backslash come separatore di riga logica, giacché entrambi devono chiudere la riga fisica.

Esempi non sintatticamente corretti:

```

x = 1 + 2 + \ # Commento
 3

if x > 5 and # Commento \
 x < 9:
 print("5 < x < 9")

```

- ① Il backslash deve terminare la riga fisica, quindi non può essere seguito da un commento. Se necessario può andare o alla riga successiva, scelta consigliata, o alla precedente. L'interprete segnalerà l'errore `SyntaxError`.
- ② Il commento rende il backslash parte di esso quindi non segnala più la fine della riga fisica e, all'esecuzione, si avrà anche qui un errore di tipo `SyntaxError`, perché `and` deve essere seguito da un'espressione.

## 13.4. Indentazione

**Indentazione** significa che spazi o, in alternativa, tabulazioni precedono un carattere che non sia nessuno dei due. Il numero di spazi, ottenuto dopo la trasformazione delle tabulazioni in spazi, si definisce livello di indentazione.

L'indentazione del codice è il modo che Python utilizza per raggruppare le istruzioni in un blocco, ove tutte devono presentare la medesima indentazione. La prima riga logica che ha una indentazione minore della precedente, segnala che il blocco è stato chiuso proprio da quest'ultima. Anche le clausole di un'istruzione composta devono avere la stessa indentazione.

La prima istruzione di un file o la prima inserita al prompt `>>>` del REPL non deve presentare spazi o tabulazioni, cioè ha un livello di indentazione pari a 0.

Alcuni esempi:

- Definizione di una funzione:

```
def somma(a, b):
 risultato = a + b

 return risultato
```

①  
②

- ① Prima riga senza indentazione.
- ② Questa riga e la successiva appartengono allo stesso blocco e, pertanto, hanno la medesima indentazione.

- Test di condizione:

```
x = 10

if x < 0:
 print("x è negativo")

elif x == 0:
 print("x è zero")

else:
 print("x è positivo")
```

①  
②

- ① Le tre clausole `if`, `then` e `else` della medesima istruzione composta di test di condizione, devono avere identica indentazione.
- ② I tre blocchi hanno come unico vincolo quello di avere un livello maggiore di indentazione della riga precedente. I blocchi corrispondenti alle diverse clausole non devono avere lo stesso livello di indentazione, anche se è buona prassi farlo.

**⚠ Attenzione**

Non si possono avere sia spazi che tabulazioni per definire il livello di indentazione nello stesso file. Ciò perché renderebbe ambiguo il numero di spazi che si ottiene dopo la trasformazione delle tabulazioni in spazi. Quindi, o si usano spazi, scelta raccomandata, o tabulazioni.

## 13.5. Token

Le righe logiche sono composte da token che si categorizzano in parole chiave, identificatori, operatori, delimitatori e letterali. I token sono separati da un numero arbitrario di spazi e tabulazioni. Ad esempio:

```
x = 1 + 2 + 3

if x > 5 and x < 9:
 print("5 < x < 9")
```

### 13.5.1. Identificatori

Un identificatore è un nome assegnato ad un oggetto, cioè una variabile, una funzione, una classe, un modulo e altro. Esso è *case sensitive* cioè `python` e `Python` sono due identificatori diversi.

Alcuni esempi:

```
intero = 42 ①
decimale = 3.14 ②
testo = "Ciao, mondo!" ③
lista = [1, 2, 3] ④
dizionario = {"chiave": "valore"} ⑤

def mia_funzione(): ⑥
 print("Questa è una funzione")

class MiaClasse: ⑦
 def __init__(self, valore): ⑧
 self.valore = valore ⑨

 def metodo(self): ⑩
 print("Questo è un metodo della classe")

import math ⑪

def mio_generatore(): ⑫
 yield 1
 yield 2
 yield 3

mio_oggetto = MiaClasse(10) ⑬
```

### 13. La sintassi

- ① Identificatore di numero intero: `intero`.
- ② Identificatore di numero decimale: `decimale`.
- ③ Identificatore di stringa: `testo`.
- ④ Identificatore di lista: `lista`.
- ⑤ Identificatore di dizionario: `dizionario`.
- ⑥ Identificatore di funzione: `mia_funzione`.
- ⑦ Identificatore di classe: `MiaClasse`.
- ⑧ Identificatore di metodo e parametro: `__init__` e `valore`.
- ⑨ Identificatore di attributo: `valore`.
- ⑩ Identificatore di metodo: `metodo`.
- ⑪ Identificatore di modulo: `math`.
- ⑫ Identificatore di generatore: `mio_generatore`.
- ⑬ Identificatore di oggetto: `mio_oggetto`.

#### 13.5.2. Parole chiave

Le parole chiave sono parole che non possono essere usate per scopi diversi da quelli predefiniti nel linguaggio e, quindi, non possono essere usate come identificatori. Ad esempio, `True` che rappresenta il valore logico di verità, non può essere usato per definire ad esempio una variabile.

Esistono anche delle parole chiave contestuali, cioè che sono tali solo in alcuni contesti ed altrove possono essere usate come identificatori. Usiamo il codice seguente per ottenere una lista di parole chiave e parole chiave contestuali:

```
import keyword ①

parole_chiave = keyword.kwlist ②

parole_chiave_contestuale = keyword.softkwlist ③

print(parole_chiave) ④

print(parole_chiave_contestuale) ⑤
```

- ① Importa il modulo `keyword`.
- ② Ottiene la lista delle parole chiave.
- ③ Ottiene la lista delle parole chiave contestuali.
- ④ Stampa la lista delle parole chiave.
- ⑤ Stampa la lista delle parole chiave contestuali.

Nella tabella seguente invece un elenco completo con breve descrizione:

Tabella 13.1.: Parole chiave di Python

Parola chiave	Descrizione
Valori booleani	
<code>False</code>	Valore booleano falso
<code>True</code>	Valore booleano vero
Operatori logici	

Parola chiave	Descrizione
<code>and</code>	Operatore logico AND
<code>or</code>	Operatore logico OR
<code>not</code>	Operatore logico NOT
Operatori di controllo di flusso	
<code>if</code>	Utilizzato per creare un'istruzione condizionale
<code>elif</code>	Utilizzato per aggiungere condizioni in un blocco if
<code>else</code>	Utilizzato per specificare il blocco di codice da eseguire se le condizioni precedenti sono false
<code>for</code>	Utilizzato per creare un ciclo for
<code>while</code>	Utilizzato per creare un ciclo while
<code>break</code>	Interrompe il ciclo in corso
<code>continue</code>	Salta l'iterazione corrente del ciclo e passa alla successiva
<code>pass</code>	Indica un blocco di codice vuoto
<code>return</code>	Utilizzato per restituire un valore da una funzione
Gestione delle eccezioni	
<code>try</code>	Utilizzato per definire un blocco di codice da eseguire e gestire le eccezioni
<code>except</code>	Utilizzato per catturare le eccezioni in un blocco try-except
<code>finally</code>	Blocco di codice che viene eseguito alla fine di un blocco try, indipendentemente dal fatto che si sia verificata un'eccezione
<code>raise</code>	Utilizzato per sollevare un'eccezione
Definizione delle funzioni e classi	
<code>def</code>	Utilizzato per definire una funzione
<code>class</code>	Utilizzato per definire una classe
<code>lambda</code>	Utilizzato per creare funzioni anonime
Gestione contesto di dichiarazione di variabili	
<code>global</code>	Utilizzato per dichiarare variabili globali
<code>nonlocal</code>	Utilizzato per dichiarare variabili non locali
Operazioni su moduli	
<code>import</code>	Utilizzato per importare moduli
<code>from</code>	Utilizzato per importare specifici elementi da un modulo
<code>as</code>	Utilizzato per creare alias, ad esempio negli import
Operatori di identità e appartenenza	
<code>in</code>	Utilizzato per verificare se un valore esiste in una sequenza
<code>is</code>	Operatore di confronto di identità
Gestione delle risorse	
<code>with</code>	Utilizzato per garantire un'azione di pulizia come il rilascio delle risorse
Programmazione asincrona	
<code>async</code>	Utilizzato per definire funzioni asincrone
<code>await</code>	Utilizzato per attendere un risultato in una funzione asincrona
Varie	
<code>del</code>	Utilizzato per eliminare oggetti
<code>assert</code>	Utilizzato per le asserzioni, verifica che un'espressione sia vera
<code>yield</code>	Utilizzato per restituire un generatore da una funzione
<code>None</code>	Rappresenta l'assenza di valore o un valore nullo

Parola chiave	Descrizione
Parole chiave contestuali	
<code>match</code>	Utilizzato nell'istruzione <code>match</code> per il pattern matching
<code>case</code>	Utilizzato nell'istruzione <code>match</code> per definire un ramo
<code>_</code>	Utilizzato come identificatore speciale nell'istruzione <code>match</code> per indicare un pattern di default o ignorare valori
<code>type</code>	Utilizzato in specifici contesti per dichiarazioni di tipo

Esempi di uso di parole chiave contestuali:

- `match`, `case` e `_`:

```
def process_value(value):
 match value:
 case 1:
 print("Uno")

 case 2:
 print("Due")

 case _:
 print("Altro")

match = "Questo è un identificatore valido"

process_value(1) # Output: Uno
process_value(2) # Output: Due
process_value(3) # Output: Altro

print(match)
```

- ① Definiamo una funzione che utilizza il pattern matching.
- ② Uso di `match` come parola chiave.
- ③ Uso di `case` come parola chiave.
- ④ Uso di `_` come parola chiave.
- ⑤ Utilizzo di `match` come identificatore per una variabile.
- ⑥ Output: Questo è un identificatore valido.

- `type`:

```
from typing import TypeAlias

type Point = tuple[float, float]

def distanza(p1: Point, p2: Point) -> float:
 return ((p1[0] - p2[0]) ** 2 + (p1[1] - p2[1]) ** 2) ** 0.5

punto1: Point = (1.0, 2.0)
punto2: Point = (4.0, 6.0)
```

```
print(distanza(punto1, punto2))
```

④

```
print(type(punto1))
```

⑤

- ① Uso di `type` come parola chiave.
- ② Utilizzo dell'alias di tipo `Point` per i parametri `p1` e `p2` della funzione.
- ③ Definizione delle variabili `punto1` e `punto2` come `Point` utilizzando l'alias di tipo. Questo rende chiaro che entrambe le variabili sono tuple di due `float`, anche se l'interprete non controlla la coerenza tra oggetto e alias di tipo.
- ④ Output: `5.0`.
- ⑤ Uso di `type` identificatore di una funzione. Output: `<class 'tuple'>`.

### 13.5.3. Classi riservate di identificatori

Alcune classi di identificatori (oltre alle parole chiave) hanno significati speciali in Python. Queste classi sono identificate dai pattern di caratteri di sottolineatura (underscore) all'inizio e alla fine dei nomi. Tuttavia, l'uso di questi identificatori non impone limitazioni rigide al programmatore, ma è importante seguire le convenzioni per evitare ambiguità e problemi di compatibilità.

Identificatori speciali:

- `_`:
  - Non importato da `from module import *`: Gli identificatori che iniziano con un singolo underscore non vengono importati con un'istruzione di importazione globale. Questo è un meccanismo per indicare che tali variabili o funzioni sono destinate ad essere *private* al modulo e non dovrebbero essere usate direttamente da altri moduli. Esempio:

In un file `example.py`:

```
_private_variable = "Variabile da non esportare"
```

①

- ① Nel modulo `example.py` viene definita la variabile come privata.

In altro modulo diverso da `example.py`:

```
from example import *
```

①

```
print(_private_variable)
```

②

- ① Dal modulo `example` vengono importati tutti gli identificatori pubblici.
- ② Genera un errore: `NameError: name '_private_variable' is not defined`.
  - Pattern nei match: Nel contesto di un pattern di corrispondenza all'interno di un'istruzione `match`, `_` è una parola chiave contestuale che denota un *wildcard* (carattere jolly), come indicato sopra.
  - Interprete interattivo: L'interprete interattivo rende disponibile il risultato dell'ultima valutazione nella variabile `_`. Il valore di `_` è memorizzato nel modulo `builtins`, insieme ad altre funzioni e variabili predefinite come `print()`, permettendo l'accesso globale a `_` durante una sessione interattiva. Esempio:

```
Eseguire nel REPL
result = 5 + 3

print(_)
```

①

① Output: 8 (nell'interprete interattivo).

- Altro uso: Altrove, `_` è un identificatore regolare. Viene spesso usato per nominare elementi speciali per l'utente, ma non speciali per Python stesso. Il nome `_` è comunemente usato in congiunzione con l'internazionalizzazione (vedi la documentazione del modulo `gettext` per ulteriori informazioni su questa convenzione) ed è anche comunemente utilizzato per variabili non usate. Esempio:

```
_ = "Valore non usato"

import gettext

gettext.install('myapplication')

print(_('Hello, world'))
```

①

②

① Uso di `_` come variabile regolare.

② Uso di `_` per internazionalizzazione.

- `__*__`: Questi nomi, informalmente noti come nomi *dunder*<sup>1</sup>, sono definiti dall'interprete e dalla sua implementazione (inclusa la libreria standard). Altri potrebbero essere definiti nelle versioni future di Python. Qualsiasi uso di nomi `__*__`, in qualsiasi contesto, che non segua l'uso esplicitamente documentato, è soggetto a discontinuazione senza preavviso. Esempio:

```
class MyClass:
 def __init__(self, value):
 self.__value = value

 def __str__(self):
 return f"MyClass con valore {self.__value}"

obj = MyClass(10)

print(obj)
```

①

②

③

① Dunder per metodo chiamato alla creazione dell'oggetto.

② Dunder chiamato da `print` con parametro l'oggetto.

③ Output: `MyClass` con valore 10.

- `__*`: I nomi in questa categoria, quando utilizzati all'interno di una definizione di classe, vengono riscritti dal compilatore (processo noto come *name mangling*) per evitare conflitti di nome tra attributi "privati" delle classi base e delle classi derivate. Questo aiuta a garantire che gli attributi destinati ad essere privati non vengano accidentalmente sovrascritti nelle sottoclassi. Esempio:

```
class BaseClass:
 def __init__(self):
 self.__private_attr = "Base"
```

<sup>1</sup>I nomi con doppio underscore (`__`) sono chiamati *dunder* come abbreviazione di *double underscore*.



```

class DerivedClass(BaseClass):
 def __init__(self):
 super().__init__()

 self.__private_attr = "Derived"

base_obj = BaseClass()
derived_obj = DerivedClass()

print(base_obj._BaseClass__private_attr)
print(derived_obj._DerivedClass__private_attr)

```

- ① Accesso al nome di `BaseClass`.
- ② Accesso al nome di `DerivedClass`.

### 13.5.4. Operatori

Gli operatori sono rappresentati da simboli non alfanumerici e, quando applicati a uno o più identificatori, letterali o espressioni (definiti genericamente operandi), producono un valore di risultato. Attenzione a non confondere la definizione di operatore come token, considerata qui, con quella di operatore come funzionalità algoritmica, poiché alcune parole chiave sono operatori algoritmici e anche le funzioni possono agire come operatori.

Esempi:

```

x = 5
y = 10

z = x + y

sum = 3 + 4

result = (x * y) + (z / 2)

```

- ① Utilizza l'operatore `+` sugli identificatori `x` e `y`.
- ② Utilizza l'operatore `+` su letterali numerici.
- ③ Utilizza vari operatori su espressioni.

In tabella l'elenco degli operatori:

Tabella 13.2.: Operatori di Python

Operatore	Descrizione
Aritmetici	
<code>+</code>	Addizione
<code>-</code>	Sottrazione
<code>*</code>	Moltiplicazione
<code>/</code>	Divisione
<code>//</code>	Divisione intera

Operatore	Descrizione
%	Modulo
**	Esponenziazione
@	Matrice (operatore di moltiplicazione)
Di confronto	
<	Minore
>	Maggiore
<=	Minore o uguale
>=	Maggiore o uguale
==	Uguale
!=	Diverso
Sui bit	
&	AND bit a bit
	OR bit a bit
^	XOR bit a bit
~	NOT bit a bit
<<	Shift a sinistra
>>	Shift a destra
Di assegnazione	
:=	Operatore di assegnazione in espressione (walrus o tricheco)

Una caratteristica molto potente del linguaggio è che gli operatori sono utilizzabili anche sui tipi creati dall'utente con logica determinata dalla implementazione. Pertanto, non vanno visti come limitati alle espressioni aritmetiche o di assegnazione sui letterali definiti dal linguaggio, ma anche sugli identificatori corrispondenti a tipi più complessi, anche definiti nel programma o importati.

Un esempio è dato dall'operatore @ che, nel codice seguente, è applicato ad un nuovo tipo di oggetto corrispondente al concetto matematico di matrice. La classe `Matrice` presenta gli attributi per memorizzare gli elementi numerici e anche l'implementazione dell'operazione matematica di moltiplicazione, nel metodo `__matmul__`. Quando l'interprete trova @, chiama `__matmul__` dell'operando di sinistra e gli passa l'oggetto corrispondente all'operando di destra.

Codice:

```
class Matrice:
 def __init__(self, righe):
 self.righe = righe
 self.num_righe = len(righe)
 self.num_colonne = len(righe[0]) if righe else 0

 def __matmul__(self, altra):
 if self.num_colonne != altra.num_righe:
 raise ValueError("Non è possibile moltiplicare le matrici: "
 "dimensioni incompatibili.")

 risultato = [[0 for _ in range(altra.num_colonne)]
 for _ in range(self.num_righe)]

 for i in range(self.num_righe):
```

```

 for j in range(altra.num_colonne):
 for k in range(self.num_colonne):
 risultato[i][j] += (self.righe[i][k] *
 altra.righe[k][j])

 return Matrice(risultato)

 def __repr__(self):
 return '\n'.join([' '.join(map(str, riga)) for riga in self.righe])

A = Matrice([[1, 2],
 [3, 4]])
B = Matrice([[5, 6],
 [7, 8]])

C = A @ B

print("Matrice A:")
print(A)

print("Matrice B:")
print(B)

print("Risultato di A @ B:")
print(C)

```

- ① Metodo di implementazione della moltiplicazione di matrici, chiamato da @ usato come operatore su oggetti di tipo `Matrice`.
- ② Controlla se le dimensioni sono compatibili per la moltiplicazione.
- ③ Inizializza la matrice risultato con zeri.
- ④ Esegue la moltiplicazione delle matrici.
- ⑤ Chiamato da `print()` quando applicato su oggetti di tipo `Matrice`.
- ⑥ Rappresentazione leggibile della matrice operando di sinistra.
- ⑦ Rappresentazione leggibile della matrice operando di destra.
- ⑧ Moltiplicazione di matrici utilizzando l'operatore @ che chiama `__matmul__()` per il calcolo effettivo.
- ⑨ Chiama `__repr__()` di `Matrice` per ottenere la stringa su due righe per A: 1 2 e 3 4.
- ⑩ Chiama `__repr__()` di `Matrice` per ottenere la stringa su due righe per C: 19 22 e 43 50.

### 13.5.5. Delimitatori

In Python, alcuni token servono come delimitatori nella grammatica del linguaggio. I delimitatori sono caratteri che separano le varie componenti del codice, come espressioni, blocchi di codice, parametri di funzioni e istruzioni.

La seguente tabella include tutti i delimitatori e i principali utilizzi:

Tabella 13.3.: Delimitatori di Python

Delimitatore	Descrizione
(	Utilizzata per raggruppare espressioni, chiamate di funzione e definizioni di tupla
)	Utilizzata per chiudere le parentesi tonde aperte
[	Utilizzate per definire liste e accedere agli elementi delle liste, tuple, o stringhe
]	Utilizzate per chiudere le parentesi quadre aperte
{	Utilizzate per definire dizionari e set
}	Utilizzate per chiudere le parentesi graffe aperte
,	Utilizzata per separare elementi in liste, tuple, e argomenti nelle chiamate di funzione
:	Utilizzato per definire blocchi di codice (come in <code>if</code> , <code>for</code> , <code>while</code> , <code>def</code> , <code>class</code> ) e per gli slice
.	Utilizzato per accedere agli attributi di un oggetto. Può apparire in letterali decimali e immaginari
;	Utilizzato per separare istruzioni multiple sulla stessa riga
@	Utilizzato per dichiarare decorator per funzioni e metodi
=	Operatore utilizzato per assegnare valori a variabili
->	Annotazione del tipo di ritorno delle funzioni
+=	Assegnazione aumentata con addizione. Aggiunge il valore a destra a quello a sinistra e assegna il risultato alla variabile a sinistra. Come i successivi, è sia un delimitatore che un operatore
-=	Assegnazione aumentata con sottrazione
*=	Assegnazione aumentata con moltiplicazione
/=	Assegnazione aumentata con divisione
//=	Assegnazione aumentata con divisione intera
%=	Assegnazione aumentata con modulo
@=	Assegnazione aumentata con moltiplicazione di matrici
&=	Assegnazione aumentata con AND bit a bit
=	Assegnazione aumentata con OR bit a bit
^=	Assegnazione aumentata con XOR bit a bit
>>=	Assegnazione aumentata con shift a destra
<<=	Assegnazione aumentata con shift a sinistra
**=	Assegnazione aumentata con esponenziazione

Una sequenza di tre punti, comunemente indicata come ellissi anche al di fuori dei linguaggi di programmazione,<sup>2</sup> è trattata come un token a sé e corrisponde ad un oggetto predefinito chiamato *Ellipsis*, con applicazioni in diversi contesti:

```
print(type(...))
```

①

```
def funzione_da_completare():
```

```
 ...
```

②

<sup>2</sup>L'ellissi è usata, ad esempio, in C per dichiarare funzioni che accettano un numero variabile di parametri e in Javascript come operatore per espandere gli array o le proprietà di un oggetto.

```

class ClasseEsempio:
 def metodo_da_completare(self):
 ...

from typing import Callable

def funzione_variadica(func: Callable[..., int]):
 pass

import numpy as np

array = np.array([[1, 2, 3], [4, 5, 6]],
 [[7, 8, 9], [10, 11, 12]])

print(array[..., 1])

```

- ① Otteniamo il tipo dell'oggetto ellissi. L'output è `<class 'ellipsis'>`.
- ② Utilizzo come segnaposto per indicare che la funzione è da completare. Da notare che chiamare la funzione `funzione_da_completare()` non dà errore.
- ③ L'uso di `Callable[..., int]` indica una funzione che può accettare un numero variabile di argomenti di qualsiasi tipo e restituire un valore di tipo `int`.
- ④ `numpy` è una libreria di calcolo matriciale molto diffusa. L'ellissi è utilizzata per effettuare una sezione complessa della matrice secondo tutte le dimensioni precedenti all'ultima. In altre parole, l'ellissi permette di selezionare interamente tutte le dimensioni tranne l'ultima specificata. Il risultato stampato in console è su due righe: `[[ 2 5]` e `[ 8 11]]`.

Alcuni caratteri ASCII hanno un significato speciale come parte di altri token o sono significativi per l'analizzatore lessicale:

Tabella 13.4.: Caratteri speciali di Python

Carattere	Descrizione
'	Utilizzato per definire stringhe di caratteri.
"	Utilizzato per definire stringhe di caratteri.
#	Simbolo di commento. Utilizzato per indicare un commento, che viene ignorato dall'interprete Python.
\	Backslash. Utilizzato per caratteri di escape nelle stringhe e per continuare le righe di codice su più righe fisiche.

Alcuni caratteri ASCII non sono utilizzati in Python e la loro presenza al di fuori dei letterali di stringa e dei commenti genera un errore: `$`, `?`, ```.

### 13.5.6. Letterali

I letterali sono notazioni per valori costanti di alcuni tipi predefiniti nel linguaggio. Esistono diversi tipi di letterali, ognuno rappresenta un tipo di dato specifico e ha una sintassi particolare.

### 13.5.6.1. Numerici

I literali numerici includono interi, numeri a virgola mobile e numeri immaginari:

- Interi, possono essere scritti in base decimale, ottale, esadecimale o binaria:
  - Decimale: 42.
  - Ottale: 0o12, 007.
  - Esadecimale: 0xA, 0X1F.
  - Binario: 0b1010, 0B11.
- Virgola mobile, possono essere rappresentati con una parte intera e una decimale, oppure con notazione scientifica:
  - Virgola mobile: 3.14, 0.001.
  - Notazione scientifica: 1e10, 2.5E-3.
- Numeri immaginari, ottenuti da un letterale intero o a virgola mobile con un suffisso j o J: 4j, 4.j, 3.14e-10j.

### 13.5.6.2. Stringhe

I literali di stringa possono essere racchiusi tra virgolette singole o doppie. Possono anche essere multi-linea se racchiusi tra triple virgolette singole o doppie:

- Stringhe racchiuse tra virgolette singole o doppie:
  - Singole: 'ciao'.
  - Doppie: "mondo".
- Stringhe multi-linea racchiuse tra triple virgolette singole o doppie:
  - Triple singole: '''testo multi-linea'''.
  - Triple doppie: """testo multi-linea""".

Le stringhe tra tripli apici possono avere degli a capo e degli apici (non tripli) all'interno.

Esempio:

```
stringa_multilinea = """Questa è una stringa
molto "importante"."""

print(stringa_multilinea)
```

Tutte le stringhe sono codificate in Unicode, con il prefisso `b` la stringa è di tipo byte ed è limitata ai 128 caratteri dell'ASCII. Se si prepone `r`, che sta per *raw* cioè grezzo, allora la codifica è sempre Unicode ma i caratteri di escape<sup>3</sup> non sono interpretati.

Alcuni esempi comuni includono:

- `\n` per una nuova linea (linefeed).

---

<sup>3</sup>In Python, il carattere di escape `\` è utilizzato nelle stringhe per inserire caratteri speciali che non possono essere facilmente digitati sulla tastiera o che hanno significati speciali.

- `\t` per una tabulazione.
- `\\` per inserire un backslash.
- `\'` per il singolo apice.
- `\"` per i doppi apici.

### 13.5.6.3. F-stringhe

Le f-stringhe (stringhe formattate) sono racchiuse tra virgolette singole, doppie o triple e sono precedute dal prefisso `f` o `F`. Il *formattato* nel nome deriva dalla possibilità di includere espressioni Python all'interno che sono valutate all'atto della esecuzione della istruzione contenente la stringa. Si possono avere stringhe formattate grezze ma non byte.

Esempio:

```
nome = "Python"

f_stringa = f'Ciao, {nome.upper()}!' ①

definizione = "Linguaggio"

f_stringa_multi_linea = f'''Questo è un esempio
di f-stringa multi-linea
in {definizione.lower() + ' ' + nome}''' ②

print(f_stringa) ③

print(f_stringa_multi_linea) ④
```

- ① Viene chiamato il metodo della stringa `lower()` per avere il maiuscolo.
- ② Usiamo un'espressione di concatenazione di stringhe colla prima generata da un metodo che mette in minuscolo la stringa di `definizione`.
- ③ Output: `Ciao, python!`.
- ④ Output composto dalle tre righe `Questo è un esempio, di f-stringa multi-linea e in linguaggio Python`.





## 14. Il modello dati

Per comprendere il **modello dati** di Python, dobbiamo conoscere i tipi di dati del linguaggio e le relative operazioni, con ciò intendendo che dobbiamo sia elencare quelli predefiniti, che apprendere le modalità di definizione di nuovi tipi.

### 14.1. Elementi di programmazione orientata agli oggetti

Gli oggetti sono l'astrazione dei dati definita in Python. Ogni oggetto è caratterizzato da un'**identità**, un **tipo** e un **valore**. L'identità di un oggetto non cambia una volta creato e possiamo pensarlo come l'indirizzo dell'oggetto in memoria<sup>1</sup>. Python permette di ricavarlo per mezzo della funzione predefinita (*built-in*) `id()`:

```
s = "Hello"

print(id(s))
```

①

① Output: un numero come 4467381744.

Il tipo di un oggetto determina le operazioni che l'oggetto supporta per la manipolazione del proprio stato o di quello di altri oggetti, e definisce anche i possibili valori per gli oggetti di quel tipo (*dominio* dei valori, per prendere in prestito un termine dalla matematica). Il linguaggio fornisce una funzione per conoscere il tipo dell'oggetto:

```
s = "Hello"

print(type(s))
```

①

① Output: <class 'str'>.

#### 14.1.1. Tipi e classi

In Python, i tipi di dati sono implementati come **classi**. Una classe è una definizione che specifica una struttura di dati e il comportamento associato attraverso **attributi** e **metodi**. Gli attributi sono variabili legate alla classe o alle sue istanze e rappresentano lo stato, mentre i metodi sono funzioni che definiscono il comportamento.

Un'**istanza** (o **oggetto**) è un'implementazione concreta della classe. Mentre di una classe esiste una sola definizione, si possono creare infinite istanze della stessa classe, a meno che non siano state implementate limitazioni particolari. Ogni istanza ha il proprio stato (valore degli attributi). Gli attributi e i metodi possono essere membri sia delle classi che delle istanze. In generale, ogni oggetto può avere i propri attributi e metodi, ma può anche accedere agli attributi e ai metodi della classe a cui appartiene.

Gli attributi possono essere di classe o di istanza:

---

<sup>1</sup>In CPython è effettivamente implementato così.

- Gli **attributi di classe** sono condivisi tra tutte le istanze della classe.
- Gli **attributi di istanza** sono specifici di ogni istanza.

I **metodi di istanza** operano su istanze specifiche della classe e possono accedere e modificare gli attributi dell'istanza stessa. I **metodi di classe**, invece, operano a livello della classe e possono accedere e modificare gli attributi della classe attraverso il parametro `cls`. Infine, i **metodi statici** sono funzioni associate alla classe che non dipendono né dalla classe né dalle sue istanze; non possono modificare lo stato della classe o delle sue istanze.

Ecco un esempio di definizione di una classe in Python, utile, per il momento, solo a mostrare la sintassi dei membri:

```
class Esempio:
 attributo_di_classe = 'Valore di classe' ①

 def __init__(self, attributo):
 self.attributo_di_istanza = attributo ②

 def metodo_di_istanza(self):
 return f"Metodo di istanza: {self.attributo_di_istanza}" ③

 @classmethod
 def metodo_di_classe(cls):
 return f"Metodo di classe: {cls.attributo_di_classe}" ④

 @staticmethod
 def metodo_statico():
 return "Metodo statico" ⑤

oggetto = Esempio("Valore di istanza") ⑥

print(oggetto.metodo_di_istanza()) ⑦
print(Esempio.metodo_di_classe()) ⑧
print(Esempio.metodo_statico()) ⑨
```

- ① Attributo di classe.
- ② Attributo di istanza.
- ③ Metodo di istanza.
- ④ Metodo di classe, preceduto da `@classmethod`.
- ⑤ Metodo statico, preceduto da `@staticmethod`.
- ⑥ Creazione di un oggetto della classe `Esempio` associato alla variabile `oggetto`.
- ⑦ Output: Metodo di istanza: Valore di istanza.
- ⑧ Output: Metodo di classe: Valore di classe.
- ⑨ Output: Metodo statico.

In questo esempio, `Esempio` è una classe con un attributo di classe, un attributo di istanza, un metodo di istanza, un metodo di classe e un metodo statico. La classe definisce la struttura e il comportamento, mentre l'oggetto `oggetto` è un'istanza concreta della classe.

### 14.1.2. Creazione di oggetti

Una volta definita una classe, si possono creare nuove istanze o oggetti di quella classe, il che rappresenta un modo efficiente per riutilizzare funzionalità nel proprio codice. Questo passaggio è spesso chiamato costruzione o **istanziamento** degli oggetti. Lo strumento responsabile per la specializzazione di questo processo, è comunemente noto come **costruttore** della classe.

In Python, il costruttore è il metodo speciale `__init__` e può avere un numero arbitrario di parametri. Questo metodo viene eseguito automaticamente dall'interprete quando un nuovo oggetto della classe viene creato ed è il luogo possiamo scrivere delle istruzioni utili all'inizializzazione dell'oggetto, anche usando gli argomenti passati. La sintassi per l'istanziamento è data dall'identificatore della classe, seguita da una coppia di parentesi tonde, con all'interno l'elenco degli argomenti.

Esempio:

```
s = str(4) ①
```

- ① L'identificatore della classe delle stringhe `str` è seguito da un unico argomento, `4`, dato da un letterale intero, passato al costruttore per l'inizializzazione.

Il metodo `__init__` è sempre presente: se non è definito esplicitamente nella classe, viene ereditato dalla classe base `object`.

La creazione di un oggetto avviene in diversi contesti:

- Uso di letterali. Ad esempio, per creare un oggetto stringa, si usano i letterali stringa e analogamente per gli altri:

```
s = "Hello" ①
n = 42 ②
f = 3.14 ③
```

- ① Creazione di un oggetto di tipo `str`.
- ② Creazione di un oggetto di tipo `int`.
- ③ Creazione di un oggetto di tipo `float`.

- Chiamata del costruttore della classe, ad esempio a quello della classe `list` passiamo una sequenza di interi:

```
lista = list((1, 2, 3))
```

- Utilizzo di funzioni e metodi che restituiscono oggetti. Ad esempio, il metodo `upper()` della classe `str` restituisce un nuovo oggetto di tipo `str`, ottenuto a partire da quello su cui è eseguito:

```
s1 = "Hello, World!"
su_1 = s1.upper() ①
su_2 = "Hello, World!".upper() ②
```

- ① `upper()` crea un secondo oggetto stringa che viene associato alla variabile `su_1`.
- ② Sintassi alternativa che ha il medesimo effetto.

- Clonazione o copia utilizzando la funzione `copy` del modulo `copy`:

```
import copy

lista_originale = [1, 2, 3] ①

lista_copiata = copy.copy(lista_originale) ②
```

- ① `lista_originale` identifica un oggetto lista.
- ② `copy()` produce una copia di `lista_originale` identificata da `lista_copiata`.

### 14.1.3. Accesso a attributi e metodi

In Python, si utilizza la notazione con il punto `.` per accedere agli attributi e ai metodi di un oggetto o di una classe, semplicemente accodando all'identificatore della variabile (che rappresenta un'istanza della classe) o a quello della classe, il punto e l'identificatore del membro (attributo o metodo).

Esempio su `str`:

```
s = "hello world" ①

s_upper = s.upper() ②

print(s_upper) ③

print(s.__class__) ④
```

- ① Creazione di un oggetto stringa.
- ② Chiamata del metodo `upper()` usando l'identificatore `s`.
- ③ Output: `HELLO WORLD`.
- ④ Output dell'attributo `__class__`: `<class 'str'>`.

### 14.1.4. Gerarchie di classi

Le classi sono organizzate in una gerarchia. In cima alla gerarchia delle classi di Python c'è la classe `object`, con un nome po' infelice, da cui derivano tutte le altre classi. Questo significa che ogni classe in Python eredita gli attributi e i metodi della classe `object`.

La funzione `isinstance()` è utile per investigare questa gerarchia, poiché permette di verificare se un oggetto è un'istanza di una determinata classe o di una sua classe derivata. `isinstance()`, pertanto, ha due parametri, l'identificatore dell'oggetto e l'identificatore della classe e restituisce un valore logico, `True` o `False`.

Ad esempio:

```
s = "Hello"

print(isinstance(s, str)) ①

print(isinstance(s, object)) ②
```

- ① Output: `True`. `isinstance` conferma che `s` è un'istanza della classe `str`.

② Output: `True`. `isinstance` conferma che `s` è un'istanza anche della classe `object`, da cui deriva `str`.

La funzione `issubclass()` è altrettanto utile per esplorare le gerarchie delle classi, in quanto permette di verificare se una classe è una sottoclasse di un'altra. Ha due parametri, cioè il nome della classe derivata e quella base e restituisce un valore logico.

Ad esempio:

```
print(issubclass(str, object))
```

①

① Output: `True`. `issubclass` conferma che `str` è una sottoclasse di `object`.

### 14.1.5. Mutabilità e immutabilità

Gli oggetti il cui valore può cambiare sono detti **mutabili**, mentre gli oggetti il cui valore non lo può, una volta creati, sono chiamati **immutabili**. L'immutabilità di un oggetto è determinata dalla progettazione del suo tipo. Ad esempio, per i tipi definiti nel linguaggio, numeri interi e in virgola mobile, stringhe e tuple sono immutabili, mentre dizionari e liste sono mutabili.

Alcuni oggetti, chiamati **contenitori**, contengono riferimenti ad altri oggetti. Esempi di contenitori sono *tuple*, *liste* e *dizionari*, strutture dati di base definite in molti linguaggi di programmazione. I riferimenti ad altri oggetti contribuiscono al valore di un contenitore e, nella maggior parte dei casi, quando parliamo del valore di un contenitore, intendiamo proprio i valori degli oggetti contenuti. Ad esempio:

```
t = (1, 2, 3)
```

①

```
l = ["Qui", "Quo", "Qua"]
```

②

① Tupla con tre oggetti al suo interno: 1, 2, 3. Diciamo che la tupla contiene i tre valori interi.

② Lista con tre oggetti all'interno: "Qui", "Quo", "Qua". Diciamo che la lista contiene le tre stringhe.

La mutabilità di un contenitore si riferisce alla identità degli oggetti referenziati e non al loro valore, quindi, ad esempio, se una tupla contiene un riferimento ad un oggetto mutabile, il valore della tupla cambia se quell'oggetto mutabile viene modificato:

```
s = ([1, 2, 3], ["Qui", "Quo", "Qua"])
```

```
print(s)
```

①

```
print(id(s[0]))
```

②

```
print(id(s[1]))
```

③

```
s[1][0] = "Huey"
```

④

```
s[1][1] = "Dewey"
```

```
s[1][2] = "Louie"
```

```
print(s)
```

⑤

```
print(id(s[0]))
```

⑥

```
print(id(s[1]))
```

⑦

## 14. Il modello dati

- ① Output: ([1, 2, 3], ['Qui', 'Quo', 'Qua']).
- ② Modifico gli elementi della lista, traducendoli in inglese.
- ③ Output dell'identità del primo oggetto contenuto (su ogni computer e sessione sarà diverso): 4361472384.
- ④ Output dell'identità del secondo oggetto contenuto: 4361474176.
- ⑤ Output: ([1, 2, 3], ['Huey', 'Dewey', 'Louie']). La tupla è cambiata!
- ⑥ Output: 4361472384, l'identità del primo oggetto contenuto non è cambiata!
- ⑦ Output: 4361474176, l'identità del secondo oggetto contenuto non è cambiata!

Ciò è un po' più generale, perché per gli oggetti di tipo immutabile, quando sono assegnati ad una variabile o risultato di un'espressione, a parità di valore, potrebbero avere la stessa identità, cioè essere lo stesso oggetto. Il condizionale è dovuto alla presenza e applicazione logiche di ottimizzazione, ad esempio della memoria, implementate nell'interprete.

Ad esempio, dopo:

```
s1 = "Qui, Quo, Qua"
print(id(s1)) ①

s2 = "Qui, Quo, Qua"
print(id(s2)) ②
```

- ① Output dell'identità di `s1`: 4432491760.
- ② Output dell'identità di `s2`: 4432491760, cioè è la medesima identità dell'oggetto il cui nome è `s1`.

Per gli oggetti mutabili, questo non accade anche in casi su cui potrebbe essere ottimizzante:

```
l1 = []
print(id(l1)) ①

l2 = []
print(id(l2)) ②
```

- ① Output dell'identità di `l1`: 4454287744.
- ② Output dell'identità di `l2`: 4454289536, cioè le identità sono diverse.

Attenzione però ad alcune *scorciatoie* di Python:

```
c = d = []
```

è equivalente a:

```
c = []
d = c
```

cioè l'oggetto lista ha due nomi nel programma.

### 14.1.6. Tipi hashable

I tipi di dati possono essere classificati come **hashable** o non hashable. Un tipo è considerato hashable se gli oggetti creati da quel tipo hanno un valore di hash<sup>2</sup> che rimane costante per tutta la durata della loro vita e possono essere confrontati con altri oggetti. Questo è garantito per i tipi immutabili, come numeri, stringhe e tuple.

Una funzione di hash prende un valore (come una stringa o un numero) e restituisce un numero di lunghezza fissa, chiamato **hash**. Questo hash viene utilizzato come indice per memorizzare il valore nella tabella di hash. Quando si desidera cercare un elemento, la funzione di hash calcola l'indice corrispondente, consentendo un accesso diretto all'elemento. Questo processo rende la ricerca, l'inserimento e la cancellazione degli elementi molto efficienti, con un tempo di accesso medio costante ( $O(1)$ ).

Gli oggetti di tipo hashable possiedono le seguenti caratteristiche principali:

1. Valore di hash costante: Gli oggetti devono avere un valore di hash che non cambia durante la loro vita. Questo è tipico degli oggetti immutabili.
2. Comparabilità: Gli oggetti devono poter essere confrontati con altri oggetti per determinare se sono uguali. Due oggetti che sono considerati uguali devono avere lo stesso valore di hash.

La proprietà di essere hashable è strettamente legata all'immutabilità. Gli oggetti immutabili sono naturalmente hashable perché il loro stato non cambia dopo la creazione, garantendo che il valore di hash rimanga costante. Ad esempio, tipi di dati immutabili come numeri, stringhe e tuple possono essere considerati hashable. Il viceversa non è vero, cioè esistono alcuni tipi mutabili che sono hashable.

### 14.1.7. Eliminazione

Gli oggetti non vengono mai eliminati esplicitamente dall'utente, ma, quando diventano inaccessibili, possono essere raccolti dal garbage collector, che è eseguito contemporaneamente al codice del programma, come parte dell'interprete. L'implementazione specifica quando e come la memoria debba essere liberata.

Alcuni oggetti contengono riferimenti a risorse *esterne* rispetto al programma, come file aperti, connessioni di rete, finestre (*graphical user interface*, GUI) o dispositivi hardware. Queste risorse generalmente non vengono liberate dal garbage collector, perché le azioni corrispondenti sono particolari della risorsa stessa. Pertanto, i loro oggetti forniscono anche un metodo esplicito di rilascio, solitamente chiamato `close()`. È molto importante tener conto di ciò per evitare effetti indesiderati.

## 14.2. Tipi predefiniti

Python mette a disposizione molti tipi *generali*, cioè utili alla gestione di dati comunemente presenti in algoritmi. Esistono, inoltre, sia meccanismi di estensione della distribuzione Python che modificano l'installazione sul proprio computer, sia la possibilità conferita al programmatore di creare i propri tipi o di importarli da librerie prodotte da terze parti.

I tipi predefiniti sono immediatamente disponibili, cioè non necessitano di alcuna azione da parte del programmatore, come, ad esempio, l'importazione di moduli.

---

<sup>2</sup>In informatica, le tabelle hash (hash table) sono una struttura dati essenziale per l'efficienza e la velocità di accesso ai dati. Le tabelle hash sono costituite da coppie indice-valore e sono progettate per sostituire la ricerca sequenziale in array, che può essere lenta soprattutto per grandi quantità di dati.

Per ragioni di esposizione, distingueremo tra tipi predefiniti fondamentali, cioè che possono essere introdotti con un insieme limitato di concetti, tipi legati alla astrazione del paradigma di orientamento agli oggetti e, infine, costruzioni del linguaggio legate all'esecuzione asincrona.

### 14.2.1. Tipi predefiniti fondamentali

Prima di entrare nel dettaglio per ognuno, di seguito un elenco dei tipi predefiniti fondamentali:

- Numeri: Sia interi relativi che reali, cioè in virgola mobile, sia complessi.
- Sequenze: Contenitori caratterizzati da un ordinamento degli oggetti al loro interno, sia mutabili che immutabili.
- Insiemi: Contenitori non caratterizzati da un ordinamento degli oggetti.
- Dizionari: Contenitori di coppie di oggetti, rispettivamente, chiave e valore.
- Altri: `None`, `NotImplemented`, `Ellipsis`.

### 14.2.2. Numeri

I tipi predefiniti numerici corrispondono agli interi, i numeri a virgola mobile e quelli complessi. Sono immutabili, il che significa che effettuando una operazione su un oggetto numerico si produrrà sempre un nuovo oggetto e non una modifica del precedente.

Esistono anche altri tipi numerici nelle librerie fornite coll'interprete, per i numeri decimali a precisione arbitraria e i numeri razionali come frazioni.

I letterali numerici non hanno segno, cioè `+` e `-` sono operatori unari che precedono la rappresentazione di un numero, quindi `-3` è una espressione che diventa il valore di un oggetto intero di valore `-3`. Nei letterali numerici si può inserire un trattino basso (*underscore*) tra le cifre o dopo gli specificatori della base per gli interi.

#### 14.2.2.1. Interi

Esistono due tipi di interi. Il primo è `int`, per gli usuali numeri interi, a cui corrispondono diverse rappresentazioni sintattiche in basi diverse, come i letterali decimali, binari, ottali o esadecimali:

- Un letterale decimale inizia sempre con una cifra diversa da zero, esempi: `10`, `1_0`.
- Quello binario inizia con `0b` o `0B` seguito da una sequenza di cifre binarie (0 o 1), esempi: `0b1010`, `0B1010`, `0b_10_10`, `0b1_0_10`.
- L'ottale inizia con `0o` o `0O` seguito da una sequenza di cifre ottali (da 0 a 7), esempi: `0o12`, `0O12`.
- L'esadecimale inizia con `0x` o `0X` seguito da una sequenza di cifre esadecimali (da 0 a 9 e da A a F, in maiuscolo o minuscolo), esempi: `0xA`, `0XA`.

Gli interi in Python sono illimitati, al netto della finitezza della memoria del computer disponibile per la loro rappresentazione.

```
large_int = 10**100

print(f"Un intero molto grande: {large_int}")
```

①



[illegible]

L'altro tipo è `bool`, che ha solo due oggetti possibili, che si comportano come quelli corrispondenti agli interi 1 e 0 per rappresentare i valori logici, rispettivamente, di vero e falso. `bool` come classe deriva da `int` che, a sua volta, deriva da `object`:

```
print(issubclass(bool, int))
print(issubclass(int, object))
```

① Output: True.

② Output: True.

#### 14.2.2.2. Numeri in virgola mobile

I numeri in virgola mobile in Python sono istanze della classe `float` e sono utilizzati per rappresentare numeri reali con una parte decimale. I letterali corrispondenti sono una sequenza di cifre in base 10, e solo in base 10, che include un punto (`.`), un suffisso di notazione scientifica (`e` o `E`, opzionalmente seguito da `+` o `-` e da una o più cifre), o entrambi. Il carattere iniziale di un letterale in virgola mobile non può essere `e` o `E`, ma può essere qualsiasi cifra (anche zeri a differenza degli interi) o un punto (`.`) seguito da una cifra.

Esempi di literali in virgola mobile: 0., 0.1, .0, 1., 1.0, 1e0, 1.e0, 1.0E0, 1\_0\_0.0\_1. Attenzione: 1 è un intero, 1. non lo è.

Per conoscere l'intervallo esatto e la precisione dei valori in virgola mobile sulla piattaforma in uso, e molti altri dettagli, è possibile usare `sys.float_info` nel modo seguente:

```
import sys

float_info = sys.float_info

print(f"Massimo valore rappresentabile (max): {float_info.max}")
print(f"Minimo valore rappresentabile positivo (min): {float_info.min}")
print(f"Massimo esponente base 2 (max_exp): {float_info.max_exp}")
print(f"Minimo esponente base 2 (min_exp): {float_info.min_exp}")
print(f"Massimo esponente base 10 (max_10_exp): {float_info.max_10_exp}")
print(f"Minimo esponente base 10 (min_10_exp): {float_info.min_10_exp}")
print(f"Precisione in bit (dig): {float_info.dig}")
print(f"Numero di bit di mantissa (mant_dig): {float_info.mant_dig}")
print(f"Epsilon macchina (epsilon): {float_info.epsilon}")
```

- ① Oggetto con all'interno le informazioni relative alla gestione dei numeri in virgola mobile della macchina.
- ② Output: Massimo valore rappresentabile (max): 1.7976931348623157e+308. Il massimo valore rappresentabile per un numero in virgola mobile.
- ③ Output: Minimo valore rappresentabile positivo (min): 2.2250738585072014e-308. Il minimo valore positivo rappresentabile per un numero in virgola mobile.
- ④ Output: Massimo esponente base 2 (max\_exp): 1024. Il massimo esponente base 2.
- ⑤ Output: Minimo esponente base 2 (min\_exp): -1021. Il minimo esponente base 2.
- ⑥ Output: Massimo esponente base 10 (max\_10\_exp): 308. Il massimo esponente base 10.
- ⑦ Output: Minimo esponente base 10 (min\_10\_exp): -307. Il minimo esponente base 10.

- ⑧ Output: Precisione in bit (dig): 15. La precisione in bit, cioè il numero di cifre decimali che possono essere rappresentate senza perdita di precisione.
- ⑨ Output: Numero di bit di mantissa (mant\_dig): 53. Il numero di bit nella mantissa.
- ⑩ Output: Epsilon macchina (epsilon): 2.220446049250313e-16. La differenza tra 1 e il numero più piccolo maggiore di 1 che può essere rappresentato.

### 14.2.2.3. Numeri complessi

Un numero complesso è composto da due valori in virgola mobile, uno per la parte reale e uno per la parte immaginaria. In Python, i numeri complessi sono istanze della classe `complex`, che presenta due attributi di sola lettura `real` e `imag`, rispettivamente per la parte reale e immaginaria, di tipo `float`.

Un letterale immaginario può essere specificato come qualsiasi letterale decimale in virgola mobile o intero seguito da una `j` o `J`: `0j`, `0.j`, `0.0j`, `.0j`, `1j`, `1.j`, `1.0j`, `1e0j`, `1.e0j`, `1.0e0j`. La `j` alla fine del letterale immaginario indica la radice quadrata di  $-1$ . Per denotare un qualsiasi numero complesso costante, si potrà sommare o sottrarre un letterale in virgola mobile (o letterale intero) e uno immaginario.

```

z = 42+3.14j ①

print(z) ②

print(z.real) ③
print(z.imag) ④

print(type(z.real)) ⑤
print(type(z.imag)) ⑥
print(type(z)) ⑦

```

- ① Assegnamento di un numero complesso alla variabile `z`.
- ② Output: `(42+3.14j)`.
- ③ Output: `42.0`.
- ④ Output: `3.14`.
- ⑤ Output: `<class 'float'>`.
- ⑥ Output: `<class 'float'>`.
- ⑦ Output: `<class 'complex'>`.

### 14.2.3. Sequenze

Una sequenza è un contenitore ordinato di oggetti, il cui indice è un intero che parte da 0. Se la sequenza è referenziata da una variabile `c`, per ottenere il numero totale di oggetti contenuti si userà la funzione predefinita `len()`, cioè `len(c)`, e per l'oggetto *i*-esimo le parentesi quadre e l'indice, `c[i]`. È possibile usare indici negativi che sono interpretati come la somma di tale indice col numero totale di oggetti contenuti, quindi `-i` è trattato come `len(c)-i` e l'indice risultante dovrà sempre essere compreso tra 0 e `len(c)-1`.

Si può *sezionare* (*slicing*) la sequenza per ottenere una nuova sottosequenza, dello stesso tipo, di oggetti originariamente contigui tra gli indici *i* e *j*, cioè con indici *x* tali che  $i \leq x < j$ , usando `c[i:j]`. Aggiungendo un terzo parametro di *passo*, *k*, si possono selezionare solo gli oggetti con indici  $i+1*k \leq j-1$ , che siano compresi tra i due indici, cioè  $i+1*k \leq j$ , con `c[i:j:k]`.

Le sequenze sono categorizzate in base alla mutabilità:

- Immutabili: stringhe, tuple, bytes.
- Mutabili: liste e array di bytes.

### 14.2.3.1. Iterabilità

Le sequenze sono iterabili, cioè possono essere ottenuti tutti gli oggetti contenuti nell'ordine corretto, per mezzo di un oggetto ad hoc detto **iteratore**. Un iteratore è un oggetto separato dalla sequenza stessa, che mantiene uno stato interno per tenere traccia dell'elemento successivo da restituire. Questo permette di iterare sulla sequenza senza modificarla direttamente. L'iteratore prende in input un oggetto iterabile e ne restituisce i valori uno alla volta secondo un certo protocollo. Per le sequenze, questo protocollo consiste nel partire dal primo elemento e procedere fino all'ultimo.

### 14.2.3.2. Stringhe

Una stringa in Python è un oggetto che si può creare a partire da un letterale composto di un numero non negativo di caratteri Unicode racchiusi o tra apici singoli `'`, oppure doppi `"`. Per inserire un a capo nella stringa dovrà essere usato `\n`, mentre per spezzarla su due righe fisiche dovrà essere usato un singolo backslash alla fine della prima riga fisica per indicare la continuazione nella riga fisica successiva.

Esempi:

```
s1 = "Hello " \
 "World!" ①

print(s1) ②

s2 = "Hello \n" \
 "World!" ③

print(s2) ④
```

- ① Stringa su due righe fisiche ma senza a capo all'interno.
- ② Output: `Hello World!`.
- ③ Stringa su due righe fisiche con un a capo all'interno.
- ④ Output: `Hello World!`.

Alternativamente, si possono usare letterali con coppie di tripli apici singoli `'''` o doppi `"""`, dove la differenza è che è possibile inserire un a capo nell'editor e sarà mantenuto nella stringa. Un singolo backslash non può essere presente.

```
s1 = """Hello
World!""" ①

print(s1) ②

s2 = """Hello \n
 World!""" ③

print(s2) ④
```

## 14. Il modello dati

- ① Stringa su due righe fisiche ma senza a capo all'interno.
- ② Output: **Hello World!**.
- ③ Stringa su due righe fisiche con un a capo all'interno.
- ④ Output: **Hello**

**World!.**

Nei letterali stringa si possono inserire caratteri non stampabili o caratteri che non sono disponibili a tastiera, usando le cosiddette sequenze di escape, come da tabella seguente:

Tabella 14.1.: Sequenze di escape

Sequenza	Significato	Codice ASCII/ISO	Esempio di stringa Python
<code>\&lt;newline&gt;</code>	Ignora fine linea	-	"Questo è un testo\ con una linea continuata"
<code>\\</code>	Backslash	0x5c	"C:\\percorso\\al\\file"
<code>\'</code>	Apice singolo	0x27	"L'apice singolo: \' esempio"
<code>\"</code>	Apice doppio	0x22	"L'apice doppio: \ esempio"
<code>\a</code>	Campanello	0x07	"Suono del campanello\a"
<code>\b</code>	Backspace	0x08	"Carattere di backspace\b"
<code>\f</code>	Form feed	0x0c	"Form feed\f esempio"
<code>\n</code>	Nuova linea	0x0a	"Nuova linea\ esempio"
<code>\r</code>	Ritorno carrello	0x0d	"Ritorno carrello\r esempio"
<code>\t</code>	Tabulazione	0x09	"Tabulazione\tesempio"
<code>\v</code>	Tabulazione verticale	0x0b	"Tabulazione verticale\v esempio"
<code>\DDD</code>	Valore ottale DDD del codice Unicode del carattere (solo per caratteri ASCII)	DDD (in ottale)	"Valore ottale: \101 esempio" (\101 rappresenta 'A' che in ASCII è 65)
<code>\xXX</code>	Valore esadecimale XX del codice Unicode del carattere	XX (in esadecimale)	"Valore esadecimale: \x41 esempio" (\x41 rappresenta 'A')
<code>\uXXXX</code>	Carattere Unicode con valore esadecimale a 4 cifre	XXXX (in esadecimale)	"Carattere cinese: \u4e2d" (\u4e2d rappresenta '中')
<code>\UXXXXXXXX</code>	Carattere Unicode con valore esadecimale a 8 cifre	XXXXXXXX (in esadecimale)	"Carattere: \U0001f600" (\U0001f600 rappresenta '😄')

Sequenza	Significato	Codice ASCII/ISO	Esempio di stringa Python
<code>\N{name}</code>	Carattere Unicode	-	"Carattere Unicode: <code>\N{LATIN CAPITAL LETTER A}</code> esempio"

Esistono anche i letterali di stringhe *grezze* (*raw*), sintatticamente identiche alle altre a meno di un suffisso `r` o `R`, comportante che le sequenze di escape non siano interpretate. Si usano comunemente per esprimere pattern di espressioni regolari o percorsi di file in Windows.

```
stringa = "C:\\Users\\username\\Documents\\file.txt" ①
print(stringa) ②
stringa_raw = r"C:\Users\username\Documents\file.txt" ③
print(stringa_raw) ④
```

- ① Perché un path sia corretto in Windows è necessario usare il backslash per escape del backslash come separatore di path.
- ② Output: `C:\Users\username\Documents\file.txt`.
- ③ Definendo la stringa come grezza allora il backslash è interpretato come tale, quindi separatore di path.
- ④ Output: `C:\Users\username\Documents\file.txt`.

Dopo aver identificato il letterale stringa, l'interprete crea l'oggetto stringa in memoria con tipo `str`. Alternativamente, si può crearla in altri modi:

- Sebbene non sia comune usare il costruttore per creare una stringa da un letterale stringa, è comunque possibile:

```
s = str("Hello, World!") ①
print(s) ②
```

- ① Passo `"Hello, World!"` al costruttore di `str`.
- ② Output: `Hello, World!`.

- Possiamo creare una stringa a partire da un numero (intero o in virgola mobile):

```
s = str(42) ①
print(s) ②
s = str(3.14)
print(s)
```

- ① Output: `3.14`.
- ② Output: `42`.

- Si può creare una stringa concatenando i caratteri di una lista:

```
cl = ['H', 'e', 'l', 'l', 'o']

s = ''.join(cl)

print(s)
```

①

① Output: Hello.

- Se un oggetto definisce il metodo speciale `__str__()` che restituisce una stringa, il costruttore di `str` lo chiama per ottenerla:

```
l = ["Hello", " ", "World!"]

s = str(l)

print(s)
```

①

① Output: ['Hello', ' ', 'World!'].

- Si può creare una nuova stringa da qualsiasi oggetto iterabile, come liste o tuple, utilizzando il metodo `join` che inserisce tra gli elementi della sequenza la stringa dell'oggetto di cui è membro:

```
lista = ['Python', 'è', 'fantastico']

s = ' '.join(lista)

print(s)

tupla = ('Hello', 'World!')

s = ' '.join(tupla)

print(s)
```

①

②

① Output: Python è fantastico. Lo spazio tra le parole è stato inserito perché `join` è stato chiamato su un oggetto la cui stringa era data dal solo carattere di spazio.

② Output: Hello World!.

### 14.2.3.3. Oggetti bytes

Un oggetto `bytes` è un array immutabile i cui elementi sono byte a 8 bit, rappresentati da interi nel range da 0 a 255. Gli oggetti `bytes` sono utili per gestire dati binari, come quelli letti o scritti su file o trasmessi su reti.

Esistono diversi modi per creare oggetti `bytes`:

- È possibile creare oggetti `bytes` utilizzando letterali bytes, che sono simili ai letterali stringa, ma sono preceduti dal prefisso `b`. Ad esempio:

```
b'abc'
```

①

① Crea un oggetto bytes con i byte corrispondenti ai caratteri ASCII 'a', 'b', 'c'.

- È possibile creare oggetti `bytes` utilizzando il costruttore `bytes()`, che può accettare diversi tipi di argomenti:

- Senza argomenti, crea un oggetto `bytes` vuoto:

```
bytes() ①
```

① Output: `b''`.

- Da un oggetto iterabile contenente interi (ognuno dei quali deve essere nel range da 0 a 255):

```
bytes([97, 98, 99]) ②
```

② Output: `b'abc'`.

- Da una stringa e una codifica:

```
bytes('abc', 'utf-8') # Output: b'abc'
```

1. Output: `b'abc'`.

- È possibile creare una stringa a partire da un oggetto `bytes` specificando la codifica:

```
b = b'Hello, World!' ①
```

```
s = str(b, 'ASCII') ②
```

```
print(s) ③
```

① Oggetto di tipo `bytes`.

② Creazione di una stringa da oggetto `bytes` che è codificato in ASCII.

③ Output: `Hello World!`.

Alcuni esempi di utilizzo degli oggetti `bytes`:

- Creazione e accesso:

```
b = b'hello' ①
```

```
print(b[0]) ②
```

```
print(b[1:3]) ③
```

① Output: `104` (ASCII per `'h'`).

② Output: `b'e'`.

- Concatenazione e ripetizione:

```
b1 = b'hello'
```

```
b2 = b'world'
```

```
b3 = b1 + b2
```

```
print(b3) ①
```

```
b4 = b1 * 3
```

```
print(b4)
```

②

① Output: `b'helloworld'`.② Output: `b'hellohellohello'`.

- Conversione da e verso stringhe:

```
s = "hello"
b = s.encode('utf-8')
print(b)
```

①

②

```
s2 = b.decode('utf-8')
print(s2)
```

③

④

① Converte la stringa in `bytes` usando la codifica UTF-8.② Output: `b'hello'`.③ Decodifica i `bytes` in una stringa.④ Output: `'hello'`.

#### 14.2.3.4. Tuple

Le tuple in Python sono sequenze ordinate immutabili, in cui gli oggetti contenuti possono essere di tipi diversi. La classe è `tuple` che deriva da `object`.

Per creare una tuple, si può utilizzare una serie di espressioni separate da virgole (`,`), come elementi della tuple. Si può opzionalmente mettere una virgola ridondante dopo l'ultimo elemento, che è necessaria se si ha un solo elemento. Si possono raggruppare gli elementi della tuple tra parentesi, ma le parentesi sono necessarie solo quando le virgole avrebbero altrimenti un altro significato (ad esempio, nelle chiamate di funzione), o per denotare tuple vuote o annidate.

Esempi di tuple costruite con letterali e espressioni:

```
t1 = 42., "Hello", 0x42
t2 = (42,)
t3 = 21 + 21,
t4 = ()
```

①

②

③

④

① Tuple con tre oggetti contenuti da letterale numerico, letterale stringa e ancora letterale numerico.

② Tuple con un solo oggetto da letterale numerico.

③ Tuple con un solo oggetto da espressione.

④ Tuple vuota.

Possiamo creare le tuple anche usando il costruttore di `tuple`, che accetta come argomento un iterabile:

```
t1 = tuple()
```

①

```
t2 = tuple("Hello")
```

②

```
t3 = tuple([1, 2, 3])
```

③



- ① Crea una tupla vuota.
- ② Crea una tupla con 5 stringhe, una per ogni carattere.
- ③ Crea una tupla con una lista di 3 interi.

Esempi di operazioni sulle tuple:

- Accesso e numero di elementi:

```
t1 = 42., "Hello", 0x42

print(t1[1]) ①

print(t1[1:3]) ②

print(42. in t1) ③

print(len(t1)) ④

print(t1[2:6]) ⑤

print(t1[4:6]) ⑥
```

- ① Output: "Hello".
- ② Output: 3.
- ③ Output: ('Hello', 66). Slicing di tupla che produce una nuova tupla con 2 oggetti.
- ④ Test di appartenenza di 42. nella tupla (42.0, 'Hello', 66, 42). Output: True.
- ⑤ Slicing con indice destro oltre la lunghezza della lista. Output: (66,).
- ⑥ Slicing con entrambi gli indici oltre la lunghezza della lista. Output: ()

- Concatenazione:

```
t1 = 42., "Hello", 0x42
t2 = (42,)

t3 = t1 + t2

print(t3) ①
```

- ① Concatenazione di tuple che produce una nuova tupla con 4 oggetti contenuti. Output: (42.0, 'Hello', 66, 42).

#### 14.2.4. Liste

Le liste in Python sono sequenze ordinate mutabili, in cui gli oggetti contenuti possono essere di tipi diversi. La classe è `list` che deriva da `object`.

Per creare una lista, si utilizza una serie di espressioni, separate da virgole (,), all'interno di parentesi quadre, per indicare gli elementi della lista. Si può opzionalmente mettere una virgola ridondante dopo l'ultimo elemento. Per denotare una lista vuota, si utilizza una coppia di parentesi quadre vuote.

Esempi di liste costruite con letterali e espressioni:

## 14. Il modello dati

```
l1 = [42., "Hello", 0x42]
```

①

```
l2 = [21 + 21]
```

②

```
l3 = []
```

③

① Lista con tre oggetti: un letterale numerico, un letterale stringa e un altro letterale numerico.

② Lista con un solo oggetto creato da un'espressione.

③ Lista vuota.

Possiamo creare le liste usando il costruttore della classe `list`, passando come argomento un iterabile o nulla:

```
l1 = list()
```

①

```
l2 = list("Hello")
```

②

① Crea una lista vuota.

② Crea una lista con 5 stringhe, una per ogni carattere della stringa "Hello".

Le operazioni comuni sulle liste:

- Accesso e modifica:

```
l1 = [42., "Hello", 0x42]
```

```
print(l1[1])
```

①

```
print(len(l1))
```

②

```
l1[1] = "Ciao"
```

```
print(l1)
```

③

① Output: "Hello". Accesso all'elemento in posizione 1 della lista.

② Output: 3. Numero totale di elementi nella lista l1.

③ Modifica della lista con l'assegnazione di un nuovo valore a un indice. Output: [42.0, 'Ciao', 66].

- Concatenazione:

```
l1 = [42., "Hello", 0x42]
```

```
l2 = [42]
```

```
l3 = l1 + l2
```

```
print(l3)
```

①

```
l2 += l1
```

```
print(l2)
```

②

① Concatenazione di liste che produce una nuova lista. Output: [42.0, 'Hello', 66, 42].

② Concatenazione sul posto modificando l2. Output: [42, 42.0, 'Hello', 66].

- Estensione e aggiunta di elementi:

```
l1 = [42., "Hello", 0x42]
l4 = []
```

```
l4.extend(l1)
```

```
print(l4)
```

①

```
l5 = []
```

```
l5.append(l1)
```

```
print(l5)
```

②

① Estende l4 aggiungendo gli elementi di l1. Output: [42.0, 'Hello', 66].

② Aggiunge l1 come un singolo elemento alla fine di l5. Output: [[42.0, 'Hello', 66]].

- Slicing, rimozione e riassegnazione di elementi:

```
l1 = [42., "Hello", 0x2A, "Hello", 0o52, "Hello", 42]
l2 = [42]
```

```
print(l1[1:3])
```

①

```
l1.remove("Hello")
```

```
print(l1)
```

②

```
l1.pop(0)
```

```
print(l1)
```

③

```
del l1[0:2]
```

```
print(l1)
```

④

```
l1[1:3] = ["Ciao", 24]
```

```
print(l1)
```

⑤

```
l1[1:3] = []
```

```
print(l1)
```

⑥

① Slicing di lista che produce una nuova lista. Output: ['Hello', 66].

② Rimozione della prima occorrenza di elemento dalla lista usando `remove()` che, scorrendo la sequenza, applica un test di uguaglianza per stabilire che l'oggetto nella lista sia uguale a quello passato come argomento e, quindi, lo elimina. `remove()` non restituisce l'elemento eliminato. Output: [42.0, 42, 'Hello', 42, 'Hello', 42].

③ Rimozione di un elemento della lista usando `pop()` per eliminare l'elemento in posizione indicata dall'indice passato come argomento, qui 0. `pop()` restituisce l'elemento eliminato. Output: [42, 'Hello', 42, 'Hello', 42].

④ Rimozione di elementi con slicing usando la parola chiave `del`. Output: [42, 'Hello', 42].

⑤ Riassegnazione usando lo slicing. Output: [42, 'Ciao', 24].

⑥ Eliminazione per mezzo di assegnazione e slicing. Output: [42].

### 14.2.5. Insiemi

Python ha due tipi predefiniti di insiemi per rappresentare collezioni di elementi unici con ordine arbitrario: `set` e `frozenset`.

Gli elementi in un `set` possono essere di tipi diversi, ma devono essere tutti hashable. Le istanze del tipo `set` sono mutabili e quindi non hashable, mentre le istanze del tipo `frozenset` sono immutabili e hashable.

Non è possibile avere un `set` i cui elementi siano altri `set`, ma è possibile avere un `set`, o un `frozenset`, i cui elementi siano `frozenset`.

Entrambi i tipi `set` e `frozenset` derivano direttamente dalla classe base `object`.

#### 14.2.5.1. set

Per denotare un `set`, si utilizza una serie di espressioni separate da virgole all'interno di parentesi graffe. Si può opzionalmente mettere una virgola ridondante dopo l'ultimo elemento.

Esempi di letterali di `set`:

```
s = {42, 3.14, 'hello'} ①
s = {100} ②
s = set() ③
```

① `set` definito per mezzo di letterali e delimitatori.

② Non esiste un letterale per un `set` vuoto, pertanto si deve usare il costruttore `set()`.

Si può creare una istanza di `set` chiamando il costruttore senza argomenti, per un `set` vuoto, o con un oggetto iterabile (per un `set` i cui elementi sono quelli dell'iterabile).

I `set` sono mutabili, il che significa che una volta creati, possono essere modificati. Supportano operazioni come aggiunta, rimozione e controllo dell'esistenza di elementi.

- Aggiunta di elementi:

```
s = {1, 2, 3}
s.add(4)
print(s) ①
```

① `add()` aggiunge un elemento. Output: `{1, 2, 3, 4}`.

- Rimozione di elementi:

```
s = {1, 2, 3, 4, 3} ①
s.remove(3)
print(s) ②
```

- ① Quando crei un **set** con elementi duplicati, come {1, 2, 3, 4, 3}, Python rimuove automaticamente i duplicati. Quindi, il **set** **s** diventerà {1, 2, 3, 4}.
- ② **remove()** elimina l'elemento specificato dal **set**. Output: {1, 2, 4}.

- Controllo dell'esistenza di un elemento:

```
s = {1, 2, 3}

print(2 in s) ①

print(5 in s) ②
```

- ① Output: True.
- ② Output: False.

- Operazioni insiemistiche:

```
s1 = set([1, 2, 3])
s2 = set([3, 4, 5])

print(s1 | s2) ①

print(s1 & s2) ②

print(s1 - s2) ③
```

- ① Operazione di unione insiemistica. Output: **set**({1, 2, 3, 4, 5}).
- ② Operazione di intersezione insiemistica. Output: **set**({3}).
- ③ Operazione di differenza insiemistica. Output: **set**({1, 2}).

#### 14.2.5.2. frozenset

Allo stesso modo, si può creare un **frozenset** per mezzo del costruttore, senza argomenti o con un iterabile.

```
#
fs = frozenset([1, 2, 3, 4])

print(fs) ①

fs_empty = frozenset()

print(fs_empty) ②
```

- ① Creazione di un **frozenset** da una lista. Output: **frozenset**({1, 2, 3, 4}).
- ② Creazione di un **frozenset** vuoto. Output: **frozenset**().

I **frozenset** sono immutabili, il che significa che una volta creati, non possono essere modificati. Supportano operazioni di lettura come controllo dell'esistenza di elementi e operazioni insiemistiche (unione, intersezione, differenza), ma non supportano operazioni di modifica. Il comportamento è identico alle operazioni di **set**.

### 14.2.6. Mappature

Le mappature rappresentano insiemi finiti di oggetti indicizzati da insiemi di indici arbitrari. La notazione con le parentesi quadre, `a[k]`, seleziona l'elemento indicizzato da `k` nella mappatura `a` e può essere utilizzata all'interno di espressioni oppure a sinistra di assegnazioni o istruzioni `del`. La funzione `len()` restituisce il numero di elementi in una mappatura.

Attualmente, esiste un solo tipo di mappatura predefinita in Python: il **dizionario**. È mutabile e la classe corrispondente è `dict` che deriva da `object`.

I dizionari rappresentano insiemi finiti di oggetti indicizzati da valori quasi arbitrari, detti **chiavi**. Le chiavi nei dizionari devono essere di tipi arbitrari ma hashable e, come oggetti, uniche. La ragione è che l'implementazione efficiente dei dizionari richiede che il valore hash di una chiave rimanga costante.

I dizionari preservano l'ordine di inserimento, il che significa che le chiavi verranno prodotte nello stesso ordine in cui sono state aggiunte sequenzialmente al dizionario. Sostituire una chiave esistente non cambia l'ordine; tuttavia, rimuovere una chiave e reinserirla la aggiungerà alla fine invece di mantenerne la posizione precedente.

I dizionari si possono creare per mezzo di una serie di coppie di espressioni, separate da virgole, all'interno di parentesi graffe. Le chiavi e i valori sono separati da due punti. È possibile inserire una virgola dopo l'ultimo elemento.

Esempi:

```
d1 = {"a": 42, "b": 2, 42: 3, "b": 24} ①

print(d1) ②

x = 2.

d2 = {2**2: "uno", 2 * x: "due", "hello".upper(): x, } ③

print(d2) ③

d3 = {} ④
```

- ① Dizionario con tre coppie chiave-valore.
- ② Le chiavi devono essere uniche quindi l'interprete mantiene solo una chiave con un valore arbitrario. Output: `{'a': 42, 'b': 24, 42: 3}`.
- ③ Dizionario con due coppie chiave-valore e virgola opzionale in fondo. Output: `{4: 'due', 'HELLO': 2.0}`.
- ④ Dizionario vuoto.

Possiamo creare i dizionari anche usando la classe `dict` oltre che i letterali:

```
d1 = dict() ①

d2 = dict(a=1, b=2, c=3) ②

d3 = dict([("a", 1), ("b", 2), ("c", 3)]) ③

print(d3) ③
```

- ① Crea un dizionario vuoto.
- ② Crea un dizionario con tre coppie chiave-valore specificate come argomenti.
- ③ Crea un dizionario a partire da un iterabile di tuple. Output: {'a': 1, 'b': 2, 'c': 3}.

Operazioni sui dizionari:

- Accesso agli elementi:

```
d = {"a": 1, "b": 2, "c": 3}

print(d["a"]) ①

print(d.get("b")) ②

print(d.keys()) ③

print(d.values()) ④

print(d.items()) ⑤
```

- ① Accesso al valore associato alla chiave "a". Output: 1.
- ② Utilizzo del metodo `get()` per accedere al valore associato alla chiave "b". Output: 2.
- ③ Accesso a tutte le chiavi del dizionario. Output: `dict_keys(['a', 'b', 'c'])`.
- ④ Accesso a tutti i valori del dizionario. Output: `dict_values([1, 2, 3])`.
- ⑤ Accesso a tutte le coppie chiave-valore del dizionario. Output: `dict_items([('a', 1), ('b', 2), ('c', 3)])`.

- Modifica degli elementi:

```
d = {"a": 1, "b": 2, "c": 3}

d["b"] = 20 ①

d["d"] = 4 ②

print(d) ③
```

- ① Modifica del valore associato alla chiave "b". Output: {"a": 1, "b": 20, "c": 3}.
- ② Aggiunta di una nuova coppia chiave-valore. Output: {"a": 1, "b": 20, "c": 3, "d": 4}.
- ③ Output del dizionario dopo le modifiche: {"a": 1, "b": 20, "c": 3, "d": 4}.

- Rimozione degli elementi:

```
d = {"a": 1, "b": 2, "c": 3}

del d["b"] ①

print(d) ②

valore = d.pop("c") ③

print(d) ④
```

```
print(valore) ⑤
d.clear() ⑥
print(d) ⑦
```

- ① Rimozione della coppia chiave-valore con chiave "b" usando `del`.
- ② Output dopo la rimozione con `del`. Output: {"a": 1, "c": 3}.
- ③ Rimozione della coppia chiave-valore con chiave "c" usando `pop()`, che restituisce il valore associato.
- ④ Output dopo la rimozione con `pop()`. Output: {"a": 1}.
- ⑤ Valore rimosso con `pop()`. Output: 3.
- ⑥ Rimozione di tutte le coppie chiave-valore usando `clear()`.
- ⑦ Output dopo l'uso di `clear()`. Output: {}.

- Operazioni di controllo:

```
d = {"a": 1, "b": 2, "c": 3}
print("a" in d) ①
print("z" in d) ②
```

- ① Verifica se la chiave "a" è presente nel dizionario. Output: `True`.
- ② Verifica se la chiave "z" è presente nel dizionario. Output: `False`.

Lo spaccettamento (*unpacking*) è una funzionalità che permette di combinare i contenuti di più dizionari in un unico dizionario. Si utilizza l'operatore `**` per esplodere i contenuti del singolo dizionario. Alternativamente, si può effettuare l'unione di dizionari per mezzo dell'operatore `|`.

Esempi:

```
d1 = {'a': 1, 'b': 2}
d2 = {'c': 3, 'd': 4}

d3 = {**d1, **d2} ①
print(d3) ②

d4 = d1 | d2 ③
print(d4) ④

d5 = dict.fromkeys('a', 1) ⑤
print(d5) ⑥

d6 = dict.fromkeys(['a', 'b', 'c']) ⑦
print(d6) ⑧
```

- ① Spaccettamento dei dizionari `d1` e `d2` in un nuovo dizionario `d3`.



- ② Stampa del dizionario d3. Output: {'a': 1, 'b': 2, 'c': 3, 'd': 4}.
- ③ Creazione di un nuovo dizionario d4 unendo d1 e d2 per mezzo dell'operatore |.
- ④ Stampa del dizionario d4. Output: {'a': 1, 'x': 5, 'c': 2}.
- ⑤ Creazione di un dizionario d5 usando dict.fromkeys con le chiavi dalla stringa 'a' e valore 1.
- ⑥ Stampa del dizionario d5. Output: {'a': 1}.
- ⑦ Creazione di un dizionario d6 usando dict.fromkeys con le chiavi dalla lista [1, 2, 3] e valori None.
- ⑧ Stampa del dizionario d6. Output: {'a': None, 'b': None, 'c': None}.

### 14.2.7. None

**None** è un oggetto predefinito in Python che rappresenta un valore nullo. Non ha metodi né altri attributi. **None** può essere utilizzato per fare riferimento ad un oggetto qualsiasi, oppure quando si vuole indicare l'assenza di un oggetto.

Le funzioni restituiscono **None** come risultato a meno che **return** non sia seguito da elenco di oggetti. **None** è hashable e può essere utilizzato come chiave di un dizionario. **None** è un oggetto della classe **NoneType**, che deriva da **object** ed è unico, cioè non esiste una seconda istanza di **NoneType**.

Esempi di utilizzo di **None**:

```
x = None ①

def funzione():
 pass

print(funzione()) ②

d = {None: "valore"} ③

print(d) ④
```

- ① Assegnazione di **None** a una variabile.
- ② Le funzioni che non hanno un'istruzione di ritorno specifica restituiscono **None**. Output: **None**.
- ③ **None** può essere utilizzato come chiave in un dizionario.
- ④ Output: {None: 'valore'}.

### 14.2.8. Ellissi

L'ellissi, scritta come tre punti consecutivi senza spazi intermedi (...), è un oggetto speciale in Python utilizzato in applicazioni numeriche o come alternativa a **None** quando **None** è un valore valido.

Ad esempio, per inizializzare un dizionario che può accettare **None** come valore legittimo, si può inizializzare con ... come indicatore di “nessun valore fornito, neanche **None**”. **Ellipsis** è hashable e può essere utilizzato come chiave di un dizionario. **Ellipsis** è un oggetto della classe **ellipsis**, che deriva da **object** ed è unica come **None**.

Esempi di utilizzo di **Ellipsis**:

```
e = ... ①

print(e) ②

d = {None: "valore1", ...: "valore2"} ③

print(d) ④

def funzione():
 ...

print(funzione()) ⑤
```

- ① Assegnazione di **Ellipsis** a una variabile.
- ② Output: **Ellipsis**.
- ③ **Ellipsis** può essere utilizzato come chiave in un dizionario.
- ④ Output: {None: 'valore1', **Ellipsis**: 'valore2'}.
- ⑤ Le funzioni possono contenere **Ellipsis** come segnaposto per future implementazioni. Output: **None**.

## 15. Istruzioni

In Python, un programma è composto da una sequenza di istruzioni che l'interprete esegue una dopo l'altra. Le istruzioni sono i comandi fondamentali inviati al sistema operativo per la generazione delle attività computazionali da parte dell'hardware.

Ogni istruzione rappresenta un'azione, come la creazione di una variabile, l'esecuzione di una iterazione di ciclo, la definizione di una funzione o la stampa di un messaggio sullo schermo.

Le istruzioni si distinguono in **semplici** e **composte**:

- Le istruzioni semplici sono quelle che non contengono altre istruzioni al loro interno. Sono eseguite dall'interprete come un singolo blocco di codice.
- Le istruzioni composte contengono altre istruzioni al loro interno. Queste istruzioni definiscono blocchi di codice che possono includere altre istruzioni semplici o composte e che non possono essere vuoti.

### 15.1. Istruzione di gestione identificatori

#### 15.1.1. Assegnamenti

Gli assegnamenti in Python sono istruzioni semplici che collegano valori a variabili utilizzando l'operatore `=`. L'assegnamento in Python è una definizione e non può mai far parte di un'espressione. Per eseguire un'assegnamento come parte di un'espressione, è necessario utilizzare l'operatore `:=` (noto come operatore "walrus").

Esempio di assegnamento semplice:

```
x = 10
y = 20
print(x + y)
```

①  
②  
③

- ① Assegna il valore 10 alla variabile `x`.
- ② Assegna il valore 20 alla variabile `y`.
- ③ Output della somma di `x` e `y`: 30.

Esempio di assegnamento con l'operatore walrus:

```
if (n := 10) > 5:
 print(n)
```

①  
②

- ① Assegna il valore 10 a `n` e verifica se `n` è maggiore di 5.
- ② Output di `n`: 10.

### 15.1.2. Importazione di moduli

L'istruzione semplice `import` viene utilizzata per importare moduli in un programma Python, permettendo l'accesso alle funzioni, classi e variabili definite al loro interno.

Tutti gli identificatori definiti nel modulo `nome_modulo` si importano colla sintassi `import nome_modulo` e dal quel punto fino alla fine del modulo importatore, sono accessibili colla notazione data dal nome del modulo seguito dal punto e l'identificatore di interesse, cioè `nome_modulo.nome_variabile` dove `nome_variabile` è l'identificatore importato.

Una sintassi alternativa è `from nome_modulo import *`, per cui gli identificatori sono utilizzabili senza preporre `nome_modulo..`

Infine, si possono importare identificatori particolari usando `from nome_modulo import` seguito dall'elenco degli identificatori necessari, separati da virgole.

Esempi:

- Importazione di tutti gli identificatori di un modulo:

```
import math
```

①

```
print(math.sqrt(4))
```

②

① Si importa il modulo `math`.

② Output: 2.0.

- Importazione di identificatori particolari:

```
from math import sqrt, pi
```

```
print(sqrt(4))
```

①

```
print(pi)
```

②

① Output: 2.0.

② Output: 3.141592653589793.

- Importazione di un modulo con un alias:

```
import numpy as np
```

①

```
array = np.array([1, 2, 3])
```

```
print(array)
```

②

① `numpy` è una libreria non facente parte dello standard Python, importata solitamente con un identificatore abbreviato in `np`.

② Output: [1 2 3].

- Importazione di tutti gli identificatori di un modulo con accesso semplificato:

```
from math import *

print(sqrt(4))

print(pi)
```

①

②

① Output: 2.0.

② Output: 3.141592653589793.

È importante notare che l'istruzione `import` carica e inizializza il modulo solo una volta per sessione del programma. Se il modulo è già stato importato in precedenza, Python utilizza la versione già caricata, riducendo così il tempo di esecuzione e il consumo di memoria.

Quando si importa un modulo, Python cerca il modulo nelle directory specificate nella variabile `sys.path`. Questa variabile include la directory corrente, le directory specificate nella variabile d'ambiente `PYTHONPATH`, e le directory di installazione predefinite.

Esempio:

```
import sys

print(sys.path)
```

①

① Elenco delle directory del computer dove Python cerca i moduli.

## 15.2. Istruzioni di controllo di flusso

Il flusso di controllo di un programma regola l'ordine in cui le istruzioni vengono eseguite. Il flusso di controllo di un programma Python dipende principalmente da istruzioni condizionali, cicli e chiamate a funzioni.

Anche il sollevamento e la gestione delle eccezioni influenzano il flusso di controllo (tramite le istruzioni `try` e `with`).

### 15.2.1. Istruzione di esecuzione condizionale

Spesso è necessario eseguire alcune istruzioni solo quando una certa condizione è vera o scegliere le istruzioni da eseguire a seconda di condizioni mutuamente esclusive. L'istruzione composta `if`, che comprende le clausole `if`, `elif` ed `else`, consente di eseguire condizionalmente blocchi di istruzioni.

La sintassi dell'istruzione `if` in pseudocodice è la seguente:

```
if espressione:
 istruzione(i)

elif espressione:
 istruzione(i)

elif espressione:
 istruzione(i)
```

①

②

③

④

⑤

⑥

```
else:
 istruzione(i)
```

⑦

⑧

- ① Clausola **if** con una condizione, cioè una espressione con valore interpretato come logico.
- ② Blocco di codice eseguito se la condizione **if** è vera.
- ③ Clausola **elif** con una condizione.
- ④ Blocco di codice eseguito se la condizione **elif** è vera.
- ⑤ Clausola **elif** con una condizione.
- ⑥ Blocco di codice eseguito se la condizione **elif** è vera.
- ⑦ Clausola **else** eseguita se tutte le condizioni precedenti sono false.
- ⑧ Blocco di codice eseguito dalla clausola **else**.

Le clausole **elif** ed **else** sono opzionali. Ecco un tipico esempio di istruzione **if** con tutti e tre i tipi di clausole:

```
if x < 0:
 print('x è negativo')

elif x % 2:
 print('x è positivo e dispari')

else:
 print('x è pari e non negativo')
```

①

②

③

④

⑤

- ① Controlla se **x** è negativo.
- ② Stampa "**x è negativo**" se la condizione è vera.
- ③ Controlla se **x** è positivo e dispari.
- ④ Stampa "**x è positivo e dispari**" se la condizione è vera.
- ⑤ Stampa "**x è pari e non negativo**" se nessuna delle condizioni precedenti è vera.

Ogni clausola controlla una o più istruzioni raggruppate in un blocco di codice: si posizionano le istruzioni del blocco su righe logiche separate dopo la riga contenente la parola chiave della clausola (nota come riga intestazione della clausola), con un'indentazione tipicamente di quattro spazi oltre la riga intestazione. Il blocco termina quando l'indentazione torna al livello della riga intestazione della clausola o ulteriormente a sinistra (questo è lo stile imposto da PEP 8).

È possibile utilizzare qualsiasi espressione Python come condizione in una clausola **if** o **elif**. Utilizzare un'espressione in questo modo è noto come usarla in un contesto booleano. In questo contesto, qualsiasi valore viene considerato vero o falso. Qualsiasi numero diverso da zero o contenitore non vuoto (stringa, tupla, lista, dizionario, set, ecc.) viene valutato come vero, mentre zero (0, di qualsiasi tipo numerico), **None** e contenitori vuoti vengono valutati come falsi.

Per testare un valore **x** in un contesto booleano, utilizzare lo stile di codifica seguente:

```
if x:
```

Questa è la forma più chiara e più "Pythonica".

Non utilizzare nessuna delle seguenti forme:

```

if x is True:

if x == True:

if bool(x):

```

C'è una differenza cruciale tra dire che un'espressione restituisce `True` (significa che l'espressione restituisce il valore 1 con il tipo `bool`) e dire che un'espressione viene valutata come vera (significa che l'espressione restituisce qualsiasi risultato che è vero in un contesto booleano). Quando si testa un'espressione, ad esempio in una clausola `if`, interessa solo come viene valutata, non cosa, precisamente, restituisce. Come menzionato in precedenza, “valutata come vera” è spesso espresso informalmente come “è veritiera”, e “valutata come falsa” come “è falsa”.

Quando la condizione della clausola `if` viene valutata come vera, le istruzioni all'interno della clausola `if` vengono eseguite, quindi l'intera istruzione `if` termina. Altrimenti, Python valuta la condizione di ciascuna clausola `elif`, in ordine. Le istruzioni all'interno della prima clausola `elif` la cui condizione viene valutata come vera, se presente, vengono eseguite e l'intera istruzione `if` termina. Altrimenti, quando esiste una clausola `else`, essa viene eseguita. In ogni caso, le istruzioni successive all'intera costruzione `if`, allo stesso livello, vengono eseguite successivamente.

### 15.2.2. Istruzione di pattern matching

L'istruzione `match` introduce il pattern matching strutturale nel linguaggio Python. Questa funzionalità consente di testare facilmente la struttura e il contenuto degli oggetti Python.

La struttura sintattica generale dell'istruzione `match` è la seguente:

```

match espressione: ①
 case pattern1 [if guard1]: ②
 istruzione(i) ③

 case pattern2 [if guard2]:
 istruzione(i) ④

 ...

 case _: ⑤
 istruzione(i) ⑥

```

- ① La parola chiave `match` seguita da un'espressione il cui valore diventa il soggetto del matching.
- ② Clausole `case` indentate che controllano l'esecuzione del blocco di codice che contengono. Possono includere un'opzione `if guard` per ulteriori controlli.
- ③ Blocco di istruzioni da eseguire se `pattern1` corrisponde.
- ④ Blocco di istruzioni da eseguire se `pattern2` corrisponde.
- ⑤ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi valore.
- ⑥ Blocco di codice eseguito se nessun altro pattern corrisponde.

Durante l'esecuzione, Python prima valuta l'espressione, quindi testa il valore risultante contro il pattern in ciascuna clausola `case` a turno, dall'inizio alla fine, fino a quando uno corrisponde. A quel punto, il blocco di codice indentato all'interno della clausola `case` corrispondente viene eseguito. Un pattern può fare due cose:

## 15. Istruzioni

- Verificare che il soggetto sia un oggetto con una struttura particolare.
- Associare componenti corrispondenti a nomi per un uso successivo (di solito all'interno della clausola **case** associata).

Quando un pattern corrisponde al soggetto, il **guard** consente un controllo finale prima della selezione della clausola per l'esecuzione. Tutti i binding dei nomi del pattern sono già avvenuti, e si possono usare nel **guard**. Quando non c'è un **guard**, o quando il **guard** viene valutato come vero, il blocco di codice indentato della clausola **case** viene eseguito, dopo di che l'esecuzione dell'istruzione **match** è completa e non vengono controllate ulteriori clausole.

L'istruzione **match**, di per sé, non prevede un'azione predefinita. Se ne serve una, l'ultima clausola **case** deve specificare un pattern wildcard, uno la cui sintassi garantisce che corrisponda a qualsiasi valore del soggetto. È un errore di sintassi seguire una clausola **case** con un pattern wildcard con ulteriori clausole **case**.

Gli elementi del pattern non possono essere creati in anticipo, associati a variabili e riutilizzati in più punti. La sintassi del pattern è valida solo immediatamente dopo la parola chiave **case**, quindi non c'è modo di eseguire tale assegnazione. Per ogni esecuzione di un'istruzione **match**, l'interprete è libero di memorizzare nella cache le espressioni del pattern che si ripetono all'interno delle clausole, ma la cache inizia vuota per ogni nuova esecuzione.

Esempio di utilizzo dell'istruzione **match**:

```
def azione(comando, livello):
 match comando:
 case "start" if livello > 1:
 print("Avvio con livello alto")

 case "start":
 print("Avvio con livello basso")

 case "stop" if livello > 1:
 print("Arresto con livello alto")

 case "stop":
 print("Arresto con livello basso")

 case "pause":
 print("Pausa")

 case _:
 print("Comando sconosciuto")

azione("start", 2)
azione("start", 1)
azione("pause", 3)
azione("exit", 0)
```

- ① Definizione della funzione **azione** con due parametri: **comando** e **livello**.
- ② Inizia il blocco **match** per il valore **comando**.
- ③ Pattern **"start"** con **guard** che verifica se **livello** è maggiore di 1.
- ④ Output se **comando** è **"start"** e **livello** è maggiore di 1.



- ⑤ Pattern "start" senza guard.
- ⑥ Output se comando è "start" e livello è minore o uguale a 1.
- ⑦ Pattern "stop" con guard che verifica se livello è maggiore di 1.
- ⑧ Output se comando è "stop" e livello è maggiore di 1.
- ⑨ Pattern "stop" senza guard.
- ⑩ Output se comando è "stop" e livello è minore o uguale a 1.
- ⑪ Pattern "pause".
- ⑫ Output se comando è "pause".
- ⑬ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑭ Output se comando non corrisponde a nessun altro pattern.
- ⑮ Chiamata a azione con "start" e livello 2. Output: Avvio con livello alto.
- ⑯ Chiamata a azione con "start" e livello 1. Output: Avvio con livello basso.
- ⑰ Chiamata a azione con "pause" e livello 3. Output: Pausa.
- ⑱ Chiamata a azione con "exit" e livello 0. Output: Comando sconosciuto.

In questo esempio, la guardia `if livello > 1` aggiunge una condizione extra per i casi "start" e "stop", permettendo di distinguere tra diversi livelli di comando.

### 15.2.2.1. Pattern letterali

I pattern letterali corrispondono a valori letterali come interi, float, stringhe, ecc. La corrispondenza viene effettuata confrontando il valore del soggetto con il valore del pattern.

Esempio:

```
def controlla_valore(valore):
 match valore:
 case 1:
 return "Uno"

 case "ciao":
 return "Saluto"

 case True:
 return "Vero"

 case None:
 return "Nessuno"

 case _:
 return "Altro"

print(controlla_valore(1))
print(controlla_valore("ciao"))
print(controlla_valore(False))
```

- ① Definizione della funzione `controlla_valore`.
- ② Inizia il blocco `match` per il valore `valore`.
- ③ Pattern letterale 1.

- ④ Output se `valore` è 1.
- ⑤ Pattern letterale `"ciao"`.
- ⑥ Output se `valore` è `"ciao"`.
- ⑦ Pattern letterale `True`.
- ⑧ Output se `valore` è `True`.
- ⑨ Pattern letterale `None`.
- ⑩ Output se `valore` è `None`.
- ⑪ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑫ Output se `valore` non corrisponde a nessun altro pattern.
- ⑬ Chiamata a `controlla_valore` con 1. Output: Uno.
- ⑭ Chiamata a `controlla_valore` con `"ciao"`. Output: Saluto.
- ⑮ Chiamata a `controlla_valore` con `False`. Output: Altro.

### 15.2.2.2. Pattern di cattura

I pattern di cattura utilizzano nomi non qualificati (nomi senza punti) per catturare valori all'interno di un pattern. Questi nomi sono wildcard che corrispondono a qualsiasi valore, ma con un effetto collaterale: il nome viene associato all'oggetto corrispondente nella corrispondente espressione di pattern matching. I binding creati dai pattern di cattura rimangono disponibili dopo l'esecuzione dell'istruzione `match`, permettendo alle istruzioni all'interno del blocco `case` e al codice successivo di processare i valori catturati.

Un pattern di cattura semplice associa il nome della variabile al valore corrispondente. Se il pattern di cattura è combinato con altre forme di pattern, può catturare parti specifiche del soggetto.

Esempio di utilizzo dei pattern di cattura:

```
def descrivi_valore(valore):
 match valore:
 case x if x < 0:
 print(f"{x} è un numero negativo")

 case x if x == 0:
 print(f"{x} è zero")

 case x if x > 0 and x % 2 == 0:
 print(f"{x} è un numero positivo pari")

 case x if x > 0 and x % 2 != 0:
 print(f"{x} è un numero positivo dispari")

 case _ if isinstance(valore, str):
 print(f'"{valore}" è una stringa')

 case _ if isinstance(valore, list):
 print(f"{valore} è una lista")

 case _:
 print("Tipo di valore non riconosciuto")

Esempi di utilizzo della funzione
```

```

descrivi_valore(-5)
descrivi_valore(0)
descrivi_valore(4)
descrivi_valore(7)
descrivi_valore("ciao")
descrivi_valore([1, 2, 3])
descrivi_valore({"chiave": "valore"})

```

17  
18  
19  
20  
21  
22  
23

- ① Definizione della funzione `descrivi_valore`.
- ② Inizio del blocco `match` per il valore `valore`.
- ③ Pattern di cattura `x` con guard `x < 0`.
- ④ Output se `valore` è un numero negativo. Esempio di output: `-5 è un numero negativo`.
- ⑤ Pattern di cattura `x` con guard `x == 0`.
- ⑥ Output se `valore` è zero. Esempio di output: `0 è zero`.
- ⑦ Pattern di cattura `x` con guard `x > 0 and x % 2 == 0`.
- ⑧ Output se `valore` è un numero positivo pari. Esempio di output: `4 è un numero positivo pari`.
- ⑨ Pattern di cattura `x` con guard `x > 0 and x % 2 != 0`.
- ⑩ Output se `valore` è un numero positivo dispari. Esempio di output: `7 è un numero positivo dispari`.
- ⑪ Pattern di guard `isinstance(valore, str)`.
- ⑫ Output se `valore` è una stringa. Esempio di output: `"ciao" è una stringa`.
- ⑬ Pattern di guard `isinstance(valore, list)`.
- ⑭ Output se `valore` è una lista. Esempio di output: `[1, 2, 3] è una lista`.
- ⑮ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑯ Output se `valore` non corrisponde a nessun altro pattern. Esempio di output: `Tipo di valore non riconosciuto`.
- ⑰ Chiamata a `descrivi_valore` con `-5`. Output: `-5 è un numero negativo`.
- ⑱ Chiamata a `descrivi_valore` con `0`. Output: `0 è zero`.
- ⑲ Chiamata a `descrivi_valore` con `4`. Output: `4 è un numero positivo pari`.
- ⑳ Chiamata a `descrivi_valore` con `7`. Output: `7 è un numero positivo dispari`.
- ㉑ Chiamata a `descrivi_valore` con `"ciao"`. Output: `"ciao" è una stringa`.
- ㉒ Chiamata a `descrivi_valore` con `[1, 2, 3]`. Output: `[1, 2, 3] è una lista`.
- ㉓ Chiamata a `descrivi_valore` con `{"chiave": "valore"}`. Output: `Tipo di valore non riconosciuto`.

### 15.2.2.3. Pattern a valore

I pattern a valore utilizzano nomi qualificati per rappresentare valori piuttosto che catturarli. In questo modo, puoi fare riferimento a valori specifici all'interno di un pattern senza rischiare di sovrascrivere variabili esistenti. I nomi qualificati possono essere attributi di una classe o attributi di istanze di classe.

Poiché i nomi semplici catturano i valori durante il pattern matching, è necessario utilizzare riferimenti agli attributi (nomi qualificati come `nome.attr`) per esprimere valori che possono cambiare tra le diverse esecuzioni dello stesso statement `match`.

Esempio di utilizzo dei pattern a valore:

```

class Valori:
 V1 = 42
 V2 = "ciao"

```

```

V3 = [1, 2, 3]

obj = Valori()
obj.V4 = 99 ①

def controlla_valore(valore): ②
 match valore: ③
 case Valori.V1: ④
 print("Valore uguale a 42") ⑤

 case Valori.V2: ⑥
 print('Valore uguale a "ciao"') ⑦

 case Valori.V3: ⑧
 print("Valore uguale a [1, 2, 3]") ⑨

 case obj.V4: ⑩
 print("Valore uguale a 99") ⑪

 case _: ⑫
 print("Valore non riconosciuto") ⑬

Esempi di utilizzo della funzione
controlla_valore(42) ⑭
controlla_valore("ciao") ⑮
controlla_valore([1, 2, 3]) ⑯
controlla_valore(99) ⑰
controlla_valore(100) ⑱

```

- ① Assegna un nuovo attributo V4 all'istanza obj della classe Valori.
- ② Definizione della funzione `controlla_valore`.
- ③ Inizia il blocco `match` per il valore `valore`.
- ④ Pattern a valore per `Valori.V1`.
- ⑤ Output se `valore` è uguale a 42. Esempio di output: Valore uguale a 42.
- ⑥ Pattern a valore per `Valori.V2`.
- ⑦ Output se `valore` è uguale a "ciao". Esempio di output: Valore uguale a "ciao".
- ⑧ Pattern a valore per `Valori.V3`.
- ⑨ Output se `valore` è uguale a [1, 2, 3]. Esempio di output: Valore uguale a [1, 2, 3].
- ⑩ Pattern a valore per `obj.V4`.
- ⑪ Output se `valore` è uguale a 99. Esempio di output: Valore uguale a 99.
- ⑫ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑬ Output se `valore` non corrisponde a nessun altro pattern. Esempio di output: Valore non riconosciuto.
- ⑭ Chiamata a `controlla_valore` con 42. Output: Valore uguale a 42.
- ⑮ Chiamata a `controlla_valore` con "ciao". Output: Valore uguale a "ciao".
- ⑯ Chiamata a `controlla_valore` con [1, 2, 3]. Output: Valore uguale a [1, 2, 3].
- ⑰ Chiamata a `controlla_valore` con 99. Output: Valore uguale a 99.
- ⑱ Chiamata a `controlla_valore` con 100. Output: Valore non riconosciuto.

In questo esempio, `Valori.V1`, `Valori.V2`, e `Valori.V3` sono attributi della classe `Valori`, mentre `obj.V4` è

un attributo dell'istanza `obj` della classe `Valori`.

#### 15.2.2.4. Pattern OR

I pattern OR utilizzano l'operatore `|` per combinare più pattern. Il match ha successo se uno qualsiasi dei pattern combinati corrisponde al soggetto.

Esempio di utilizzo dei pattern OR:

```
def descrivi_numero(numero):
 match numero:
 case 0 | 1:
 print("Numero è 0 o 1")

 case 2 | 3:
 print("Numero è 2 o 3")

 case _ if numero > 3:
 print("Numero è maggiore di 3")

 case _:
 print("Numero non riconosciuto")

Esempi di utilizzo della funzione
descrivi_numero(0)
descrivi_numero(2)
descrivi_numero(5)
descrivi_numero(-1)
```

- ① Definizione della funzione `descrivi_numero`.
- ② Inizia il blocco `match` per il valore `numero`.
- ③ Pattern OR per `0 | 1`.
- ④ Output se `numero` è 0 o 1. Esempio di output: `Numero è 0 o 1`.
- ⑤ Pattern OR per `2 | 3`.
- ⑥ Output se `numero` è 2 o 3. Esempio di output: `Numero è 2 o 3`.
- ⑦ Pattern di guard per `numero > 3`.
- ⑧ Output se `numero` è maggiore di 3. Esempio di output: `Numero è maggiore di 3`.
- ⑨ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑩ Output se `numero` non corrisponde a nessun altro pattern. Esempio di output: `Numero non riconosciuto`.
- ⑪ Chiamata a `descrivi_numero` con 0. Output: `Numero è 0 o 1`.
- ⑫ Chiamata a `descrivi_numero` con 2. Output: `Numero è 2 o 3`.
- ⑬ Chiamata a `descrivi_numero` con 5. Output: `Numero è maggiore di 3`.
- ⑭ Chiamata a `descrivi_numero` con -1. Output: `Numero non riconosciuto`.

#### 15.2.2.5. Pattern di gruppo

I pattern di gruppo utilizzano parentesi per raggruppare parti di un pattern, consentendo la combinazione di pattern complessi. Questa funzionalità è utile quando si vuole applicare operazioni di pattern matching su componenti specifici di un soggetto.

Esempio di utilizzo dei pattern di gruppo:

```
def analizza_tupla(tupla):
 match tupla:
 case (x, (y, z)):
 print(f"Primo elemento: {x}, Secondo elemento: ({y}, {z})")

 case (x, y):
 print(f"Primo elemento: {x}, Secondo elemento: {y}")

 case _:
 print("Pattern non riconosciuto")

Esempi di utilizzo della funzione
analizza_tupla((1, (2, 3)))
analizza_tupla((1, 4))
analizza_tupla((1, 2, 3))
```

- ① Definizione della funzione `analizza_tupla`.
- ② Inizia il blocco `match` per il valore `tupla`.
- ③ Pattern di gruppo `(x, (y, z))`.
- ④ Output se `tupla` corrisponde al pattern `(x, (y, z))`. Esempio di output: Primo elemento: 1, Secondo elemento: (2, 3).
- ⑤ Pattern di gruppo `(x, y)`.
- ⑥ Output se `tupla` corrisponde al pattern `(x, y)`. Esempio di output: Primo elemento: 1, Secondo elemento: 4.
- ⑦ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑧ Output se `tupla` non corrisponde a nessun altro pattern. Esempio di output: Pattern non riconosciuto.
- ⑨ Chiamata a `analizza_tupla` con `(1, (2, 3))`. Output: Primo elemento: 1, Secondo elemento: (2, 3).
- ⑩ Chiamata a `analizza_tupla` con `(1, 4)`. Output: Primo elemento: 1, Secondo elemento: 4.
- ⑪ Chiamata a `analizza_tupla` con `(1, 2, 3)`. Output: Pattern non riconosciuto.

In questo esempio, il pattern `(x, (y, z))` confronta la tupla `tupla` per verificare se il secondo elemento è una tupla di due elementi, mentre il pattern `(x, y)` confronta la tupla `tupla` per verificare se ha esattamente due elementi. Questo esempio mostra come utilizzare i pattern di gruppo in Python per eseguire il pattern matching su tuple.

#### 15.2.2.6. Pattern di sequenza

I pattern di sequenza corrispondono a sequenze come liste o tuple. Ogni elemento della sequenza viene confrontato con il pattern corrispondente. È possibile utilizzare l'asterisco (\*) per catturare più elementi in una sottosequenza.

Esempio:

```
def verifica_sequenza(sequenza):
 match sequenza:
 case [1, 2, 3]:
 return "Sequenza 1, 2, 3"
```

```

case [x, y, z]:
 return f"Sequenza generica: {x}, {y}, {z}"

case [x, *y, z]:
 return f"Sequenza con primo e ultimo elemento: {x}, {z}, e mediano: {y}"

case _:
 return "Altro"

print(verifica_sequenza([1, 2, 3]))
print(verifica_sequenza([4, 5, 6]))
print(verifica_sequenza([7, 8, 9, 10]))
print(verifica_sequenza([7, 8]))

```

- ① Definizione della funzione `verifica_sequenza`.
- ② Inizia il blocco `match` per il valore `sequenza`.
- ③ Pattern di sequenza `[1, 2, 3]`.
- ④ Output se `sequenza` è `[1, 2, 3]`.
- ⑤ Pattern di sequenza generico `[x, y, z]` per una sequenza di esattamente tre elementi.
- ⑥ Output con i valori catturati.
- ⑦ Pattern di sequenza con l'uso dell'asterisco (`*y`) per catturare tutti gli elementi intermedi tra il primo (`x`) e l'ultimo (`z`).
- ⑧ Output con il primo, l'ultimo e gli elementi intermedi della sequenza.
- ⑨ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑩ Output se `sequenza` non corrisponde a nessun altro pattern.
- ⑪ Chiamata a `verifica_sequenza` con `[1, 2, 3]`. Output: Sequenza 1, 2, 3.
- ⑫ Chiamata a `verifica_sequenza` con `[4, 5, 6]`. Output: Sequenza generica: 4, 5, 6.
- ⑬ Chiamata a `verifica_sequenza` con `[7, 8, 9, 10]`. Output: Sequenza con primo e ultimo elemento: 7, 10, e mediano: [8, 9].
- ⑭ Chiamata a `verifica_sequenza` con `[7, 8]`. Output: Altro.

In questo esempio, l'uso dell'asterisco `*` nel pattern `[x, *y, z]` permette di catturare una sottosequenza di lunghezza arbitraria tra il primo e l'ultimo elemento della sequenza. Questo rende possibile gestire sequenze di lunghezza variabile, mentre il pattern `[x, y, z]` corrisponde solo a sequenze di esattamente tre elementi.

### 15.2.2.7. Pattern `as`

È possibile utilizzare i pattern `as` per catturare i valori abbinati da pattern più complessi o componenti di un pattern, che i semplici pattern di cattura non possono gestire. Quando `P1` è un pattern, allora `P1 as name` è anche un pattern; quando `P1` ha successo, Python associa il valore abbinato al nome `name` nel namespace locale.

Esempio di utilizzo del pattern `as`:

```

def analizza_comando(comando):
 match comando:
 case ("start", param) as c:
 print(f"Avvio con parametro {param}. Comando completo: {c}")

```

```

case ("stop", param) as c:
 print(f"Arresto con parametro {param}. Comando completo: {c}") ②

case ("pause", param) as c:
 print(f"Pausa con parametro {param}. Comando completo: {c}") ③

case _ as c:
 print(f"Comando sconosciuto: {c}") ④

Esempi di utilizzo
analizza_comando(("start", 5)) ⑤
analizza_comando(("stop", 10)) ⑥
analizza_comando(("pause", 15)) ⑦
analizza_comando(("exit", 20)) ⑧

```

- ① Caso in cui il comando è un avvio con un parametro.
- ② Caso in cui il comando è un arresto con un parametro.
- ③ Caso in cui il comando è una pausa con un parametro.
- ④ Caso wildcard che cattura qualsiasi altro comando.
- ⑤ Chiamata a `analizza_comando` con `("start", 5)`. Output: Avvio con parametro 5. Comando completo: `('start', 5)`.
- ⑥ Chiamata a `analizza_comando` con `("stop", 10)`. Output: Arresto con parametro 10. Comando completo: `('stop', 10)`.
- ⑦ Chiamata a `analizza_comando` con `("pause", 15)`. Output: Pausa con parametro 15. Comando completo: `('pause', 15)`.
- ⑧ Chiamata a `analizza_comando` con `("exit", 20)`. Output: Comando sconosciuto: `('exit', 20)`.

### 15.2.2.8. Pattern di mappatura

I pattern di mappatura corrispondono alle mappature definite nel linguaggio come i dizionari. Ogni coppia chiave-valore viene confrontata con il pattern corrispondente.

Esempio:

```

def verifica_mappatura(mappatura): ①
 match mappatura: ②
 case {"a": 1, "b": 2}: ③
 return "Mappatura a=1, b=2" ④

 case {"a": x, "b": y}: ⑤
 return f"Mappatura generica: a={x}, b={y}" ⑥

 case _: ⑦
 return "Altro" ⑧

print(verifica_mappatura({"a": 1, "b": 2})) ⑨
print(verifica_mappatura({"a": 3, "b": 4})) ⑩
print(verifica_mappatura({"c": 5})) ⑪

```



- ① Definizione della funzione `verifica_mappatura`.
- ② Inizia il blocco `match` per il valore `mappatura`.
- ③ Pattern di mappatura `{"a": 1, "b": 2}`.
- ④ Output se `mappatura` è `{"a": 1, "b": 2}`.
- ⑤ Pattern di mappatura generico `{"a": x, "b": y}`.
- ⑥ Output con i valori catturati.
- ⑦ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑧ Output se `mappatura` non corrisponde a nessun altro pattern.
- ⑨ Chiamata a `verifica_mappatura` con `{"a": 1, "b": 2}`. Output: Mappatura a=1, b=2.
- ⑩ Chiamata a `verifica_mappatura` con `{"a": 3, "b": 4}`. Output: Mappatura generica: a=3, b=4.
- ⑪ Chiamata a `verifica_mappatura` con `{"c": 5}`. Output: Altro.

### 15.2.2.9. Pattern di classe

I pattern di classe permettono di verificare se un oggetto è un'istanza di una particolare classe e di accedere ai suoi attributi. Un pattern di classe ha la forma generale `nome_o_attr(patterns)`, dove `nome_o_attr` è un nome semplice o qualificato legato a una classe, e `patterns` è una lista separata da virgole di specifiche di pattern.

Se non ci sono specifiche di pattern, il pattern di classe corrisponde a qualsiasi istanza della classe data. Se ci sono specifiche di pattern posizionali, queste devono precedere qualsiasi specifica di pattern nominata.

Le classi predefinite di Python come `bool`, `bytearray`, `bytes`, `dict`, `float`, `frozenset`, `int`, `list`, `set`, `str` e `tuple` sono tutte configurate per accettare un singolo pattern posizionale, che viene confrontato con il valore dell'istanza.

Esempio:

```
class Punto:
 def __init__(self, x, y):
 self.x = x
 self.y = y

def descrivi_punto(p):
 match p:
 case Punto(0, 0):
 return "Punto all'origine" ①

 case Punto(x, 0):
 return f"Punto sull'asse x a {x}" ②

 case Punto(0, y):
 return f"Punto sull'asse y a {y}" ③

 case Punto(x, y) if x == y:
 return f"Punto sulla bisettrice x=y a ({x}, {y})" ④

 case Punto(x, y):
 return f"Punto a ({x}, {y})" ⑤
```

```

 case _:
 return "Non è un punto"

Esempi di utilizzo
p1 = Punto(0, 0)
p2 = Punto(3, 0)
p3 = Punto(0, 4)
p4 = Punto(2, 2)
p5 = Punto(1, 5)

print(descrivi_punto(p1))
print(descrivi_punto(p2))
print(descrivi_punto(p3))
print(descrivi_punto(p4))
print(descrivi_punto(p5))

```

- ① Pattern di classe che verifica se `p` è un'istanza di `Punto` con `x` e `y` uguali a 0.
- ② Pattern di classe che verifica se `p` è un'istanza di `Punto` con `y` uguale a 0.
- ③ Pattern di classe che verifica se `p` è un'istanza di `Punto` con `x` uguale a 0.
- ④ Pattern di classe con guard che verifica se `p` è un'istanza di `Punto` con `x` uguale a `y`.
- ⑤ Pattern di classe generico che verifica se `p` è un'istanza di `Punto` e cattura i valori di `x` e `y`.
- ⑥ Pattern wildcard che corrisponde a qualsiasi altro valore.
- ⑦ Chiamata a `descrivi_punto` con `Punto(0, 0)`. Output: `Punto all'origine`.
- ⑧ Chiamata a `descrivi_punto` con `Punto(3, 0)`. Output: `Punto sull'asse x a 3`.
- ⑨ Chiamata a `descrivi_punto` con `Punto(0, 4)`. Output: `Punto sull'asse y a 4`.
- ⑩ Chiamata a `descrivi_punto` con `Punto(2, 2)`. Output: `Punto sulla bisettrice x=y a (2, 2)`.
- ⑪ Chiamata a `descrivi_punto` con `Punto(1, 5)`. Output: `Punto a (1, 5)`.

In questo esempio, `Punto` è una classe con attributi `x` e `y`. I pattern di classe permettono di verificare se un oggetto è un'istanza di `Punto` e di accedere ai suoi attributi per ulteriori controlli.

## 15.3. Cicli

### 15.3.1. Istruzione `while`

L'istruzione composta `while` ripete l'esecuzione di un blocco di istruzioni fintantoché un'espressione condizionale risulta vera. La clausola `else` viene eseguita quando il ciclo `while` termina naturalmente (cioè, la condizione del ciclo diventa falsa).

Ecco la sintassi completa dello pseudocodice per l'istruzione `while` con la clausola `else`:

```

while espressione:
 istruzione(i)

else:
 istruzione(i)

```

- ① L'interprete valuta l'espressione condizionale.

- ② Se l'espressione condizionale è vera, esegue il blocco di istruzioni all'interno del ciclo **while**. Al termine del blocco, torna a valutare l'espressione condizionale.
- ③ Se l'espressione condizionale è falsa, esegue il blocco di istruzioni all'interno della clausola **else**.
- ④ Il blocco di istruzioni all'interno della clausola **else** viene eseguito solo se il ciclo **while** termina naturalmente (cioè, la condizione del ciclo diventa falsa).

Esempio pratico con **while** e **else**:

```
x = 3

while x > 0:
 print(x)

 x -= 1

else:
 print("Ciclo terminato")
```

①  
②  
③  
④

- ① Inizia il ciclo **while** finché **x** è maggiore di 0.
- ② Stampa il valore corrente di **x**.
- ③ La clausola **else** viene eseguita quando il ciclo **while** termina naturalmente.
- ④ Stampa "Ciclo terminato".

L'istruzione **while** può anche includere una clausola **else** e le istruzioni **break** e **continue**. L'istruzione **break** interrompe il ciclo **while**, al pari di **return** se il ciclo si trova in una funzione. L'istruzione **continue** salta l'iterazione corrente e passa alla successiva.

Esempio:

```
x = 10

while x > 0:
 x -= 1

 if x == 5:
 break

 if x % 2 == 0:
 continue

 print(x)
```

①  
②  
③  
④

- ① Inizia il ciclo **while** finché **x** è maggiore di 0.
- ② Interrompe il ciclo quando **x** è uguale a 5.
- ③ Salta l'iterazione corrente se **x** è pari.
- ④ Stampa il valore di **x** se non è stato saltato.

### 15.3.2. Istruzione for

L'istruzione **for** ripete l'esecuzione di un blocco di istruzioni controllata da un'espressione iterabile. La sintassi è:

```
for indice in iterabile:
 istruzione(i)
```

①

②

① **indice** è normalmente un identificatore che funge da variabile di controllo del ciclo e viene associato a ciascun elemento dell'**iterabile**.

② **istruzione(i)** rappresenta una o più istruzioni che vengono eseguite per ogni elemento dell'**iterabile**.

Esempio tipico di **for**:

```
for lettera in 'ciao':
 print(f'Dammi una {lettera}...')
```

①

②

① Inizia il ciclo **for** su ogni carattere della stringa **'ciao'**.

② Stampa **"Dammi una [lettera]..."** per ogni lettera della stringa.

L'istruzione **for** può anche includere una clausola **else** che viene eseguita se il ciclo termina normalmente (cioè, non viene interrotto da un'istruzione **break** o **return**).

```
numeri = [1, 2, 3, 4, 5]

for numero in numeri:
 if numero == 3:
 break

 print(numero)

else:
 print("Ciclo completato")
```

①

②

③

④

⑤

① Inizia il ciclo **for** sulla lista **numeri**.

② Se il numero è 3, interrompe il ciclo con **break**.

③ Stampa il numero corrente.

④ La clausola **else** viene eseguita se il ciclo **for** termina naturalmente.

⑤ Stampa "Ciclo completato".

L'**iterabile** può essere qualsiasi espressione **iterabile** in Python. In particolare, qualsiasi sequenza è **iterabile**. L'interprete chiama implicitamente la funzione built-in **iter()** sull'**iterabile**, producendo un **iteratore**.

### 15.3.3. Iteratori e iterabili

Un **iteratore** è un oggetto che permette di attraversare una collezione di elementi, uno alla volta. Gli **iteratori** sono utilizzati per rappresentare flussi di dati o collezioni di elementi che non sono necessariamente tutti disponibili in memoria contemporaneamente. Pertanto:

- Un oggetto è **iterabile** se può restituire un **iteratore**. Un oggetto **iterabile** implementa il metodo **\_\_iter\_\_()** che deve restituire un **iteratore**.
- Un oggetto è un **iteratore** se implementa i metodi **\_\_iter\_\_()** e **\_\_next\_\_()**. Il metodo **\_\_next\_\_()** restituisce il prossimo elemento della collezione e solleva l'eccezione **StopIteration** quando non ci sono più elementi.

Esempio di iteratore:

```

numeri = [1, 2, 3]
iteratore = iter(numeri)

print(next(iteratore))
print(next(iteratore))
print(next(iteratore))
print(next(iteratore))

```

- ① Definizione di una lista di numeri.
- ② Creazione di un iteratore dall'iterabile numeri.
- ③ Output: 1.
- ④ Output: 2.
- ⑤ Output: 3.
- ⑥ Solleva l'eccezione `StopIteration` perché non ci sono più elementi.

L'istruzione `for` chiama implicitamente `iter` sul suo iterabile per ottenere un iteratore. Lo pseudocodice seguente mostra cosa accade dietro le quinte:

```

_iteratore_temporaneo = iter(contenitore)

while True:
 try:
 x = next(_iteratore_temporaneo)

 istruzione(i)

 except StopIteration:
 break

```

#### 15.3.4. La funzione `range`

La funzione `range` genera una sequenza di numeri interi. È comunemente usata nei cicli `for`.

```

for i in range(5):
 print(i)

```

- ① Inizia il ciclo `for` sui numeri da 0 a 4.
- ② Stampa il numero corrente.

`range` può accettare fino a tre argomenti: `start`, `stop`, e `step`.

```

for i in range(1, 10, 2):
 print(i)

```

- ① Inizia il ciclo `for` sui numeri da 1 a 9, con incremento di 2.
- ② Stampa il numero corrente.

## 15. Istruzioni

L'oggetto `range` è un iterabile ma non un iteratore. Tuttavia, è possibile ottenere un iteratore chiamando `iter()` su un oggetto `range`.

```
r = range(5)
i = iter(r)

print(next(i))
print(next(i))
```

①

②

- ① Stampa il primo numero dell'oggetto `range`: 0.
- ② Stampa il secondo numero dell'oggetto `range`: 1.

### 15.3.5. Spacchettamento nei cicli `for`

È possibile utilizzare un indice composto da più identificatori, come in un'assegnazione con spacchettamento. In questo caso, gli elementi dell'iteratore devono essere essi stessi iterabili, ciascuno con esattamente tanti elementi quanti sono gli identificatori nell'indice.

Esempio di ciclo `for` su un dizionario:

```
d = {'a': 1, 'b': 2, 'c': 3}

for chiave, valore in d.items():
 if chiave and valore:
 print(chiave, valore)
```

①

②

③

- ① Inizia il ciclo `for` sugli elementi del dizionario `d`.
- ② Verifica se sia la chiave che il valore sono “truthy”.
- ③ Stampa la coppia chiave-valore.

È possibile usare un identificatore preceduto da un asterisco `*` nel target. Questo identificatore verrà associato a una lista di tutti gli elementi non assegnati ad altri target.

```
lista = [1, 2, 3, 4, 5]

for primo, *centro, ultimo in [lista]:
 print(primo)
 print(centro)
 print(ultimo)
```

①

②

③

④

- ① Inizia il ciclo `for` sulla lista `lista`.
- ② Stampa il primo elemento della lista.
- ③ Stampa tutti gli elementi centrali della lista.
- ④ Stampa l'ultimo elemento della lista.

## 15.4. Comprensioni

Le comprensioni *comprehension* in Python sono un modo conciso e leggibile per creare nuove sequenze (liste, insiemi, dizionari) da iterabili esistenti. Sono un esempio di supporto alla programmazione funzionale in quanto permettono di creare nuove collezioni attraverso la trasformazione e il filtraggio di elementi, senza modificare l'iterabile originale. Questa capacità di trasformare dati in modo dichiarativo, senza effetti collaterali, è un principio fondamentale della programmazione funzionale.

### 15.4.1. Liste

Le comprensioni di liste sono uno degli utilizzi più comuni. Permettono di ispezionare ogni elemento di un iterabile e costruire una nuova lista aggiungendo i risultati di un'espressione calcolata su alcuni o tutti gli elementi. Una compresa di lista ha la seguente sintassi:

```
[espressione for indice in iterabile clausole]
```

- **indice** e **iterabile** in ogni clausola **for** di una compresa di lista hanno la stessa sintassi e significato di quelli in una normale istruzione **for**.
- **espressione** può essere qualsiasi espressione Python valida e viene calcolata per ogni elemento della lista risultante.
- **clausole** è una serie di zero o più clausole, ciascuna con la forma **for indice in iterabile** o **if espressione**.

Esempio semplice:

```
result = [x + 1 for x in range(5)] ①
print(result) ②
```

① Crea una lista di numeri incrementati di 1 da 0 a 4.

② Output: [1, 2, 3, 4, 5].

Esempio con condizione:

```
result = [x + 1 for x in range(5) if x > 2] ①
print(result) ②
```

① Crea una lista con i numeri da 1 a 5, ma solo per i numeri maggiori di 2.

② Output: [4, 5].

Esempio con annidamento:

```
lista_di_liste = [[1, 2, 3], [4, 5, 6], [7, 8, 9]]
result = [x for sublist in lista_di_liste for x in sublist] ①
print(result) ②
```

① Appiattisce una lista di liste in una singola lista.

② Output: [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

### 15.4.2. Insiemi

Le comprensioni di insiemi hanno la stessa sintassi e semantica delle comprese di liste, ad eccezione che sono racchiuse tra parentesi graffe `{}` invece che tra parentesi quadre `[]`. Il risultato è un insieme.

Esempio:

```
s = {n // 2 for n in range(10)} ①
print(sorted(s)) ②
```

① Crea un insieme con i risultati della divisione intera di `n` per 2, da 0 a 9.

② Output: `[0, 1, 2, 3, 4]`.

### 15.4.3. Dizionari

Le comprensioni di dizionari hanno la stessa sintassi delle comprese di insiemi, ma invece di una singola espressione prima della clausola `for`, si usano due espressioni separate da un due punti `::` **chiave:valore**. Il risultato è un dizionario che mantiene l'ordine di inserimento.

Esempio:

```
d = {s: i for i, s in enumerate(['zero', 'uno', 'due'])} ①
print(d) ②
```

① Crea un dizionario associando ogni stringa al suo indice nella lista.

② Output: `{'zero': 0, 'uno': 1, 'due': 2}`.

## 15.5. Gestione anomalie

### 15.5.1. Istruzioni `try` e `raise`

Python supporta la gestione delle eccezioni con l'istruzione composta `try`, che include le clausole `try`, `except`, `finally` ed `else`. Il codice può anche sollevare esplicitamente un'eccezione con l'istruzione `raise`. Quando il codice solleva un'eccezione, il normale flusso di controllo del programma si interrompe e Python cerca un gestore di eccezioni adatto.

Esempio di utilizzo di `try` e `raise`:

```
def dividi(a, b): ①
 try: ②
 return a / b ③

 except ZeroDivisionError: ④
 raise ValueError("Divisione per zero non consentita") ⑤

try: ⑥
 risultato = dividi(10, 0) ⑦
```



```
except ValueError as e:
 print(e)
```

⑧

⑨

- ① Definizione della funzione `dividi`.
- ② Inizia il blocco `try`.
- ③ Tentativo di divisione.
- ④ Gestione dell'eccezione `ZeroDivisionError`.
- ⑤ Sollevamento di una nuova eccezione `ValueError`.
- ⑥ Inizia un altro blocco `try`.
- ⑦ Tentativo di chiamare `dividi` con un denominatore pari a zero.
- ⑧ Gestione dell'eccezione `ValueError`.
- ⑨ Output del messaggio di errore: Divisione per zero non consentita.

### 15.5.2. Istruzione di controllo condizioni anomale

L'istruzione `assert condizione, messaggio` viene utilizzata per eseguire controlli durante l'esecuzione del programma. Se la `condizione` è falsa, viene sollevata un'eccezione `AssertionError` che include il `messaggio`. Può essere usata per il debugging e per verificare condizioni che dovrebbero essere sempre vere in un punto specifico del codice.

Esempi di utilizzo:

```
x = 5
```

```
assert x > 0, "x deve essere maggiore di zero"
assert x < 0, "x deve essere minore di zero"
```

①

②

- ① Non genera errore perché `x > 0` è vero.
- ② Genera `AssertionError` con il messaggio `"x deve essere minore di zero"` perché `x < 0` è falso.

È importante notare che le asserzioni possono essere disabilitate a livello di runtime utilizzando l'opzione `-O` (ottimizzazione) quando si esegue lo script Python. Questo rimuoverà tutte le istruzioni `assert` dal bytecode generato.

```
python -O script.py
```

## 15.6. Altre istruzioni

### 15.6.1. Istruzione `pass`

Il corpo di un'istruzione composta in Python non può essere vuoto; deve contenere almeno un'istruzione. Si può utilizzare l'istruzione `pass`, che non esegue alcuna azione, come segnaposto esplicito quando è richiesta un'istruzione sintatticamente ma non c'è nulla da fare.

Esempio di utilizzo di `pass`:

```
if True: ①
 pass ②
```

- ① Condizione sempre vera.
- ② Segnaposto che non esegue alcuna azione.

```
def funzione_non_implementata(): ①
 pass ②
```

- ① Definizione di una funzione.
- ② Segnaposto per una funzione non ancora implementata.

```
class ClasseVuota: ①
 pass ②
```

- ① Definizione di una classe.
- ② Segnaposto per una classe non ancora implementata.

### 15.6.2. Istruzione with

L'istruzione composta `with` può spesso essere un'alternativa più leggibile e utile all'istruzione `try/finally`. Essa consente di gestire risorse in modo efficiente e sicuro, assicurando che le risorse siano correttamente rilasciate dopo l'uso. Per essere gestita dall'istruzione `with`, una risorsa deve implementare il protocollo del context manager, che richiede i metodi speciali `__enter__` e `__exit__`.

Un esempio comune è l'uso di `with` per gestire i file:

```
with open('file.txt', 'r') as file: ①
 contenuto = file.read() ②

 print(contenuto) ③
```

- ① Apre il file `file.txt` in modalità lettura.
- ② Legge il contenuto del file.
- ③ Output del contenuto del file.

Esempio di un contesto personalizzato:

```
class GestoreRisorsa: ①
 def __enter__(self): ②
 print("Risorsa acquisita")

 return self

 def __exit__(self, tipo, valore, traceback): ③
 print("Risorsa rilasciata") ④

with GestoreRisorsa() as risorsa: ⑤
 print("Usando la risorsa") ⑥
```

- ① Metodo `__enter__` che viene chiamato all'inizio del blocco `with`.
- ② Output indicante che la risorsa è stata acquisita.
- ③ Metodo `__exit__` che viene chiamato alla fine del blocco `with`, indipendentemente dal fatto che ci sia stata un'eccezione o meno.
- ④ Output indicante che la risorsa è stata rilasciata.
- ⑤ Inizia il blocco `with` usando il `GestoreRisorsa`.
- ⑥ Output indicante l'uso della risorsa.

### 15.6.3. Istruzioni di ritorno

Le istruzioni di ritorno vengono utilizzate per restituire valori da una funzione. Esistono due tipi principali di istruzioni di ritorno: `return` e `yield`.

#### 15.6.3.1. `return`

L'istruzione `return` viene utilizzata per restituire un valore da una funzione e terminare l'esecuzione della funzione.

```
def somma(a, b):
 return a + b

print(somma(3, 4))
```

- ① Definizione della funzione `somma`.
- ② Restituisce la somma di `a` e `b`.
- ③ Output della somma: 7.

#### 15.6.3.2. `yield`

L'istruzione `yield` viene utilizzata per restituire un valore da una funzione generatore senza terminare l'esecuzione della funzione. La funzione può riprendere l'esecuzione dal punto in cui è stata interrotta al successivo ciclo di iterazione.

```
def generatore():
 yield 1
 yield 2
 yield 3

for valore in generatore():
 print(valore)
```

- ① Definizione della funzione generatore `generatore`.
- ② Restituisce 1 e sospende l'esecuzione.
- ③ Restituisce 2 e sospende l'esecuzione.
- ④ Restituisce 3 e sospende l'esecuzione.
- ⑤ Itera sui valori restituiti dal generatore.
- ⑥ Output dei valori: 1, 2, 3.

### 15.6.4. Modificatori di ambito

Le istruzioni `global` e `nonlocal` sono utilizzate per modificare la visibilità delle variabili all'interno delle funzioni.

L'istruzione `global` viene utilizzata per dichiarare che una variabile all'interno di una funzione fa riferimento a una variabile globale, cioè una variabile definita al di fuori di qualsiasi funzione. Senza `global`, tutte le assegnazioni di variabili all'interno di una funzione sono considerate locali alla funzione stessa.

Esempio di utilizzo di `global`:

```
x = 10 ①

def modifica_global():
 global x ②

 x = 20

modifica_global()

print(x) ③
```

- ① `x` è una variabile globale.
- ② L'istruzione `global` dichiara che `x` fa riferimento alla variabile globale `x`, permettendo alla funzione di modificarla.
- ③ Output: 20.

L'istruzione `nonlocal` viene utilizzata per dichiarare che una variabile all'interno di una funzione fa riferimento a una variabile non locale, cioè una variabile definita in un contesto esterno ma non globale (ad esempio, all'interno di una funzione contenente). Senza `nonlocal`, tutte le assegnazioni di variabili all'interno di una funzione sono considerate locali alla funzione stessa.

Esempio di utilizzo di `nonlocal`:

```
def esterna():
 x = 10 ①

 def interna():
 nonlocal x ②

 x = 20

 interna()

 print(x)

esterna() ③
```

- ① `x` è una variabile locale alla funzione `esterna`.
- ② L'istruzione `nonlocal` dichiara che `x` fa riferimento alla variabile non locale `x`, permettendo alla funzione `interna` di modificarla.
- ③ Output: 20.

### 15.6.5. Alias di tipo

L'istruzione `type` viene utilizzata per creare alias di tipo. Questo consente di assegnare nomi significativi ai tipi di dati complessi, migliorando la leggibilità del codice. Si possono definire anche alias di tipi generici, cioè tipi parametrizzati da altri tipi.

È importante sottolineare che gli alias non sono da intendere come utili al controllo statico dei tipi durante l'esecuzione, ma come annotazione utile per strumenti di analisi del codice e miglioramento della leggibilità.

Esempi:

- Definizione di alias di tipo:

```
type lista_coppie = list[tuple[str, int]] ①
```

① `lista_coppie` è un alias di `list[tuple[str, int]]`.

- Definizione di alias di tipo generico:

```
type contenitore_ordinato[T] = list[t] | tuple[T, ...] ①
```

① `contenitore_ordinato` può essere o una lista o una tupla con zero o più elementi.

### 15.6.6. Eliminazione di identificatori e elementi in contenitori

L'istruzione `del` viene utilizzata per eliminare identificatori come variabili o di funzione e oggetti da contenitori, come elementi singoli o in sezioni (slice) di liste oppure chiavi di dizionari. `del` rimuovendo i riferimenti agli oggetti, segnala al garbage collector la possibilità di liberazione delle risorse associate.

Esempi di utilizzo:

- Eliminazione di una variabile:

```
x = 10
del x
print(x) ① ②
```

- ① Elimina la variabile `x`.
- ② Dà errore perché `x` non esiste.

- Eliminazione di un elemento da un contenitore di oggetti di tipo lista per indice:

```
lista = [1, 2, 3, 4]
del lista[0]
print(lista) ① ②
```

- ① Elimina il primo elemento dalla lista.
- ② Output: `[2, 3, 4]`.

## 15. Istruzioni

- Eliminare di elementi contigui da una lista:

```
lista = [1, 2, 3, 4, 5, 6]
```

```
del lista[1:4]
```

①

```
print(lista)
```

②

① Elimina gli elementi dal secondo al quarto.

② Output: [1, 5, 6].

- Eliminazione di una chiave da un dizionario:

```
dizionario = {'a': 1, 'b': 2, 'c': 3}
```

```
del dizionario['a']
```

①

```
print(dizionario)
```

②

① Elimina la chiave 'a' dal dizionario.

② Output: {'b': 2, 'c': 3}.

- Eliminazione di un attributo da un oggetto:

```
class ClasseSemplice:
```

```
 def __init__(self):
```

```
 self.attr = 42
```

```
oggetto_semplice = ClasseSemplice()
```

```
del oggetto_semplice.attr
```

①

① Elimina l'attributo 'attr' dall'oggetto 'oggetto\_semplice'.

- Eliminazione dell'identificatore di una funzione:

```
def somma_semplice(a, b):
```

```
 return a + b
```

```
del somma_semplice
```

①

```
somma_semplice(a, b)
```

②

① Elimina il riferimento `somma_semplice` alla funzione.

② Errore. Output: `NameError: name 'somma_semplice' is not defined`.

- Eliminazione dell'identificatore di un modulo:

```
import math
```

```
print(math.sqrt(4))
```

①

```
del math
```

```
print(math)
```

②

① Output: 2.0.

② Errore. Output: `NameError: name 'math' is not defined. Did you forget to import 'math'?`





## 16. Funzioni

La maggior parte delle istruzioni in un tipico programma Python fa parte di una funzione. Inserire il codice nelle funzioni può migliorare la velocità di esecuzione rispetto al codice a livello di modulo. Ci sono ottime ragioni pratiche per inserire la maggior parte del codice nelle funzioni, e non ci sono svantaggi: chiarezza, leggibilità e riutilizzabilità del codice migliorano quando si evitano blocchi sostanziali di codice a livello di modulo.

Una funzione è un gruppo di istruzioni eseguite su richiesta. Python fornisce molte funzioni predefinite e consente ai programmatori di definire le proprie. Una richiesta di eseguire una funzione è nota come chiamata di funzione. Quando chiamiamo una funzione, possiamo passare argomenti che specificano i dati su cui la funzione eseguirà il calcolo. In Python, una funzione restituisce sempre un risultato: o `None` o un valore, risultato del calcolo. Le funzioni definite all'interno delle dichiarazioni di classe sono note anche come metodi.

Python è alquanto insolito nella flessibilità che offre al programmatore nel definire e chiamare funzioni. Questa flessibilità significa che alcuni vincoli non sono espressi adeguatamente solo dalla sintassi. In Python, le funzioni sono oggetti (valori), gestiti proprio come altri oggetti. Quindi, possiamo passare una funzione come argomento in una chiamata a un'altra funzione, e una funzione può restituire un'altra funzione come risultato di una chiamata. Una funzione, proprio come qualsiasi altro oggetto, può essere associata a una variabile, può essere un elemento in un contenitore e può essere un attributo di un oggetto. Le funzioni possono anche essere chiavi in un dizionario. Il fatto che le funzioni siano oggetti ordinari in Python è spesso espresso dicendo che le funzioni sono oggetti di prima classe.

Esempio di funzione come oggetto di prima classe:

```
from math import sin, cos, tan, asin, acos, atan, log, exp ①

def aggiungi_inverse(dizionario_inverse, funzione, inverse_funzione): ②
 if not callable(funzione) or not callable(inverse_funzione): ③
 raise ValueError("Entrambi i parametri devono essere funzioni") ④

 if funzione not in dizionario_inverse and inverse_funzione not in dizionario_inverse.values(): ⑤
 dizionario_inverse[funzione] = inverse_funzione ⑥
 dizionario_inverse[inverse_funzione] = funzione ⑦

math_map = {sin: asin, cos: acos, tan: atan, log: exp} ⑧

aggiungi_inverse(math_map, exp, log) ⑨
aggiungi_inverse(math_map, asin, sin) ⑩

import pprint

pprint.pprint(math_map) ⑪
```

① Import delle funzioni matematiche dal modulo `math`.

② La funzione `aggiungi_inverse` accetta un dizionario e due funzioni.

- ③ Controlla che i parametri siano funzioni: Verifica che i parametri siano funzioni utilizzando `callable`.
- ④ Errore se i parametri non sono funzioni: Solleva un'eccezione se uno dei parametri non è una funzione.
- ⑤ Controlla se la funzione non è già una chiave e se l'inversa non è già un valore nel dizionario: Verifica che la funzione non sia già presente come chiave e che l'inversa non sia già presente come valore nel dizionario.
- ⑥ Aggiunge la funzione al dizionario con la sua inversa come valore.
- ⑦ Aggiunge l'inversa della funzione al dizionario con la funzione originale come valore.
- ⑧ Creazione di un dizionario iniziale con alcune funzioni matematiche e le loro inverse.
- ⑨ Chiamata alla funzione `aggiungi_inverse` con nuove funzioni da aggiungere.
- ⑩ Aggiunta di un'altra coppia funzione-inversa.
- ⑪ Stampa del dizionario per verificare che le nuove coppie siano state aggiunte correttamente:

```
{<built-in function cos>: <built-in function acos>,
<built-in function log>: <built-in function exp>,
<built-in function sin>: <built-in function asin>,
<built-in function tan>: <built-in function atan>}
```

In questo modo, la funzione `aggiungi_inverse` aggiunge solo le coppie funzione-inversa che non sono già presenti nel dizionario, evitando duplicazioni o errori.

Il dizionario `math_map` diventa bidirezionale, mappando ogni funzione alla sua inversa e viceversa. Notiamo che in questo caso la funzione muta il suo argomento. In Python, la convenzione usuale è che tali funzioni non restituiscano un valore.

## 16.1. Definizione delle funzioni

L'istruzione `def` è il modo usuale per creare una funzione. `def` è una dichiarazione composta a singola clausola con la seguente sintassi:

```
def nome_funzione(parametri): ①
 istruzione(i) ②
```

- ① `nome_funzione` è un identificatore.
- ② Le istruzioni indentate costituiscono il corpo della funzione.

Quando l'interprete incontra una definizione `def`, compila il corpo della funzione, creando un oggetto funzione, e associa `nome_funzione` all'oggetto funzione compilato nello spazio dei nomi contenitore (tipicamente lo spazio dei nomi del modulo, o uno spazio dei nomi di classe quando si definiscono metodi).

Esempio di funzione senza parametri:

```
def saluta(): ①
 print("Ciao!") ②

saluta() ③
```

- ① Definizione della funzione `saluta`.
- ② Stampa `Ciao!`.
- ③ Chiamata alla funzione `saluta`.

Esempio di funzione con un parametro:

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

print(raddoppia(5))
print(raddoppia('ciao'))
```

- ① Definizione della funzione `raddoppia` con un parametro `x`.
- ② Restituisce il valore di `x` moltiplicato per 2.
- ③ Chiamata a `raddoppia` con l'argomento 5. Output: 10.
- ④ Chiamata a `raddoppia` con l'argomento 'ciao'. Output: ciaociao.

## 16.2. Parametri

I parametri (anche detti parametri formali) nominano i valori passati in una chiamata di funzione e possono specificare valori predefiniti. Ogni volta che chiamiamo una funzione, la chiamata associa ogni nome di parametro al valore corrispondente (argomento) in un nuovo spazio dei nomi locale. Questo spazio dei nomi locale esiste solo per la durata della funzione, e Python lo distrugge al termine dell'esecuzione della funzione. È importante notare che gli argomenti sono oggetti e che le modifiche a questi oggetti mutabili (come liste o dizionari) all'interno della funzione sono visibili anche al di fuori della funzione, nell'ambito del chiamante. Tuttavia, gli identificatori dei parametri non sono accessibili fuori dalla funzione.

Ecco un esempio illustrativo che mostra come i parametri di una funzione si comportano in Python, specialmente quando si tratta di oggetti mutabili:

```
def modifica_lista(lista):
 lista.append(4)

 lista = [1, 2, 3]

 print("Dentro la funzione:", lista)

mia_lista = [1, 2]

modifica_lista(mia_lista)

print("Fuori dalla funzione:", mia_lista)
```

- ① La funzione prende un parametro `lista`, che è un riferimento a una lista passata come argomento.
- ② La funzione modifica la lista originale aggiungendo un nuovo elemento 4. Questa modifica sarà visibile anche al di fuori della funzione perché `lista` è un riferimento all'oggetto lista originale.
- ③ `lista` viene riassegnata a una nuova lista `[1, 2, 3]`. Questa riassegnazione non modifica l'oggetto originale passato come argomento, ma crea un nuovo oggetto locale a cui `lista` ora punta. Questa modifica non sarà visibile al di fuori della funzione.
- ④ Stampa il contenuto dell'identificatore `lista` all'interno della funzione, che ora è `[1, 2, 3]` a causa della riassegnazione.
- ⑤ Creiamo una lista chiamata `mia_lista` con i valori `[1, 2]`.
- ⑥ Passiamo `mia_lista` alla funzione `modifica_lista`.

## 16. Funzioni

- ⑦ Stampa il contenuto di `mia_lista` dopo la chiamata alla funzione, mostrando che l'elemento 4 è stato aggiunto, ma la riassegnazione a `[1, 2, 3]` non ha avuto effetto:

```
Dentro la funzione: [1, 2, 3]
Fuori dalla funzione: [1, 2, 4]
```

Questo esempio mostra come l'oggetto mutabile (la lista) può essere modificato all'interno della funzione, e tali modifiche sono visibili al di fuori della funzione. Tuttavia, l'identificatore del parametro (in questo caso `lista`) viene distrutto dopo l'uscita dalla funzione e non è accessibile al di fuori della funzione.

### 16.2.1. Parametri posizionali

Un parametro posizionale è un identificatore, che nomina il parametro. Utilizziamo questi nomi all'interno del corpo della funzione per accedere ai valori degli argomenti della chiamata.

Esempio di funzione con parametri posizionali:

```
def somma(a, b): ①
 return a + b ②

print(somma(3, 5)) ③
```

- ① Definizione della funzione `somma` con i parametri `a` e `b`.
- ② Restituisce la somma di `a` e `b`.
- ③ Chiamata a `somma` con gli argomenti 3 e 5. Output: 8.

### 16.2.2. Parametri nominati

I parametri nominati normalmente assumono la forma `nome=espressione`. Questi parametri agiscono come valori predefiniti valutati una sola volta dall'interprete.

Esempio di funzione con parametri nominati:

```
def saluta(nome="ospite"): ①
 print(f"Ciao, {nome}!") ②

saluta() ③
saluta("Maria") ④
```

- ① Definizione della funzione `saluta` con il parametro nominato `nome` e un valore predefinito.
- ② Stampa un messaggio di saluto.
- ③ Chiamata a `saluta` senza argomenti. Output: `Ciao, ospite!`.
- ④ Chiamata a `saluta` con l'argomento "Maria". Output: `Ciao, Maria!`.

Ecco un esempio con un parametro che utilizza un'espressione come valore predefinito:

```

from datetime import datetime ①

def saluta(nome="ospite", momento=datetime.now().strftime("%H:%M")): ②
 print(f"Ciao, {nome}! L'ora attuale è {momento}.") ③

saluta() ④
saluta("Maria") ⑤
saluta("Luigi", "14:30") ⑥

```

- ① Importa il modulo `datetime` che sarà usato per ottenere l'ora attuale.
- ② Definisce la funzione `saluta` con due parametri nominati: `nome` con un valore predefinito di `ospite` e `momento` con un valore predefinito che è l'ora corrente formattata come stringa `HH:MM`.
- ③ Stampa un messaggio di saluto che include il nome e il momento specificato.
- ④ Chiamata a `saluta` senza argomenti. Utilizza entrambi i valori predefiniti. Output: `Ciao, ospite! L'ora attuale è <ora_attuale>..`
- ⑤ Chiamata a `saluta` con l'argomento `Maria`. Utilizza il valore predefinito per `momento`. Output: `Ciao, Maria! L'ora attuale è <ora_attuale>..`
- ⑥ Chiamata a `saluta` con gli argomenti `Luigi` e `14:30`. Non utilizza nessun valore predefinito. Output: `Ciao, Luigi! L'ora attuale è 14:30..`

In questo esempio, il parametro `momento` utilizza un'espressione come valore predefinito che viene valutata una volta sola al momento della definizione della funzione. Se viene chiamata senza argomenti, la funzione utilizza questi valori predefiniti.

### 16.2.3. Marcatore di parametri posizionali

La firma di una funzione può contenere un marcatore di parametri posizionali `/` come parametro fittizio. I parametri che precedono il marcatore sono noti come parametri posizionali, e devono essere forniti come argomenti posizionali, non come argomenti nominati, quando si chiama la funzione; usare argomenti nominati per questi parametri genera un'eccezione `TypeError`.

Ad esempio, il tipo built-in `int` ha la seguente firma:

```
int(x, /, base=10)
```

Quando si chiama `int`, è necessario passare un valore per `x` e questo deve essere passato posizionalmente. `base` (usato quando `x` è una stringa da convertire in `int`) è opzionale e può essere passato sia posizionalmente che come argomento nominato. È un errore passare `x` come numero e anche passare `base`, ma la notazione non può catturare questa particolarità.

Esempio di utilizzo del marcatore di parametri posizionali:

```

def funzione(x, /, base=10): ①
 return x + base ②

print(funzione(5)) ③

print(funzione(5, base=2)) ④

```

```
try:
 print(funzione(x=5)) ⑤

except TypeError as e:
 print(e)
```

- ① Definizione della funzione **funzione** con un parametro posizionale **x** e un parametro nominato **base** con un valore predefinito.
- ② La funzione ritorna la somma di **x** e **base**.
- ③ Chiamata a **funzione** con l'argomento posizionale 5. Utilizza il valore predefinito di **base**. Output: 15.
- ④ Chiamata a **funzione** con l'argomento posizionale 5 e l'argomento nominato **base=2**. Output: 7.
- ⑤ Chiamata a **funzione** con l'argomento nominato **x=5**. Genera un **TypeError** perché **x** deve essere fornito come argomento posizionale.

Senza il marcatore posizionale /:

```
def funzione(x, base=10): ①
 return x + base ②

print(funzione(5)) ③

print(funzione(5, 2)) ④

print(funzione(5, base=2)) ⑤

print(funzione(x=5)) ⑥

print(funzione(x=5, base=2)) ⑦
```

- ① Definizione della funzione **funzione** con **x** e **base** come argomenti.
- ② La funzione ritorna la somma di **x** e **base**.
- ③ Chiamata a **funzione** con l'argomento posizionale 5. Utilizza il valore predefinito di **base**. Output: 15.
- ④ Chiamata a **funzione** con gli argomenti posizionali 5 e 2. Output: 7.
- ⑤ Chiamata a **funzione** con l'argomento posizionale 5 e l'argomento nominato **base=2**. Output: 7.
- ⑥ Chiamata a **funzione** con l'argomento nominato **x=5**. Utilizza il valore predefinito di **base**. Output: 15.
- ⑦ Chiamata a **funzione** con gli argomenti nominati **x=5** e **base=2**. Output: 7.

#### 16.2.4. Collettori di argomenti

Python consente di raccogliere argomenti che non corrispondono a parametri specifici utilizzando i collettori di argomenti posizionali (**\*nome**) e nominati (**\*\*nome**).

Un collettore di argomenti posizionali crea una tupla, mentre un collettore di argomenti nominati crea un dizionario.

Esempio di funzione con collettore di argomenti posizionali:

```
def somma_tutti(*numeri): ①
 print(type(numeri)) ②

 return sum(numeri) ③

print(somma_tutti(1, 2, 3, 4)) ④
print(somma_tutti()) ⑤
```

- ① Definizione della funzione `somma_tutti` con il collettore di argomenti `*numeri`.
- ② Stampa il tipo di `numeri`.
- ③ Restituisce la somma di tutti i numeri.
- ④ Chiamata a `somma_tutti` con gli argomenti 1, 2, 3, 4. Output: 10.
- ⑤ Chiamata a `somma_tutti` senza argomenti. Output: 0.

Esempio di funzione con collettore di argomenti nominati:

```
def stampa_dizionario(**diz): ①
 print(type(diz)) ②

 for chiave, valore in diz.items(): ③
 print(f"{chiave}: {valore}") ④

stampa_dizionario(nome="Mario", eta=30) ⑤
stampa_dizionario(citta="Roma", paese="Italia") ⑥
```

- ① Definizione della funzione `stampa_dizionario` con il collettore di argomenti `**diz`.
- ② Stampa il tipo di `diz`.
- ③ Itera sugli elementi del dizionario.
- ④ Stampa ogni coppia chiave-valore.
- ⑤ Chiamata a `stampa_dizionario` con argomenti nominati. Output: nome: Mario, eta: 30.
- ⑥ Chiamata a `stampa_dizionario` con altri argomenti nominati. Output: citta: Roma, paese: Italia.

Eseguendo questi esempi, si può vedere che `*numeri` crea una tupla e `**diz` crea un dizionario.

È anche possibile combinare i collettori di argomenti posizionali e nominati nella stessa funzione.

Esempio di funzione con collettore di argomenti posizionali e nominati:

```
def mostra_tutti(*args, **kwargs): ①
 print("Argomenti posizionali:", args) ②

 print("Argomenti nominati:", kwargs) ③

mostra_tutti(1, 2, 3, nome="Alice", eta=25) ④
```

- ① Definizione della funzione `mostra_tutti` con i collettori di argomenti `*args` e `**kwargs`.
- ② Stampa gli argomenti posizionali.
- ③ Stampa gli argomenti nominati.
- ④ Chiamata a `mostra_tutti` con argomenti posizionali e nominati. Output: Argomenti posizionali: (1, 2, 3), Argomenti nominati: {'nome': 'Alice', 'eta': 25}.

### 16.2.5. Valori predefiniti mutabili

Quando il valore predefinito di un parametro è un oggetto mutabile, e il corpo della funzione altera il parametro, le cose possono complicarsi. Questo perché il valore predefinito viene valutato una sola volta, quando la funzione è definita, non ogni volta che la funzione è chiamata. Di conseguenza, se il valore predefinito viene modificato (come nel caso di una lista alla quale vengono aggiunti elementi), la modifica persiste attraverso le chiamate successive alla funzione.

Esempio di funzione con valore predefinito mutabile:

```
def aggiungi_elemento(elemento, lista=[]): ①
 lista.append(elemento) ②

 return lista ③

print(aggiungi_elemento(1)) ④
print(aggiungi_elemento(2)) ⑤
```

- ① Definizione della funzione `aggiungi_elemento` con il parametro `lista` avente un valore predefinito di lista vuota.
- ② Aggiunge l'elemento alla lista.
- ③ Restituisce la lista.
- ④ Chiamata a `aggiungi_elemento` con l'argomento 1. Output: `[1]`.
- ⑤ Chiamata a `aggiungi_elemento` con l'argomento 2. Output: `[1, 2]`.

Nel secondo caso, la lista restituita contiene `[1, 2]` anziché `[2]` perché il valore predefinito della lista è stato modificato dalla prima chiamata alla funzione e questa modifica persiste nella seconda chiamata. La lista usata come valore predefinito è la stessa in entrambe le chiamate.

Per evitare questo comportamento, è meglio usare `None` come valore predefinito e creare una nuova lista all'interno della funzione se `None` è passato come argomento.

Esempio di funzione con valore predefinito `None`:

```
def aggiungi_elemento(elemento, lista=None): ①
 if lista is None: ②
 lista = [] ③

 lista.append(elemento) ④

 return lista ⑤

print(aggiungi_elemento(1)) ⑥
print(aggiungi_elemento(2)) ⑦
```

- ① Definizione della funzione `aggiungi_elemento` con il parametro `lista` avente un valore predefinito di `None`.
- ② Controlla se `lista` è `None`.
- ③ Se `lista` è `None`, crea una nuova lista vuota.
- ④ Aggiunge l'elemento alla lista.
- ⑤ Restituisce la lista.
- ⑥ Chiamata a `aggiungi_elemento` con l'argomento 1. Output: `[1]`.
- ⑦ Chiamata a `aggiungi_elemento` con l'argomento 2. Output: `[2]`.



In questo caso, ogni chiamata alla funzione `aggiungi_elemento` crea una nuova lista se `None` è passato come valore predefinito, garantendo che ogni chiamata non influenzi le altre.

## 16.3. Attributi

L'istruzione `def` imposta alcuni attributi di un oggetto funzione. Di seguito sono spiegati i principali attributi e come possono essere utilizzati.

### 16.3.1. `__name__`

Questo attributo è l'identificatore che `def` utilizza come nome della funzione. Puoi riassegnare `__name__` a qualsiasi valore stringa, ma se cerchi di dissociarlo, Python genererà un'eccezione `TypeError`.

Esempio:

```
def saluta(): ①
 print("Ciao!") ②

print(saluta.__name__) ③

saluta.__name__ = "greeting" ④

print(saluta.__name__) ⑤
```

- ① Definizione della funzione `saluta`.
- ② La funzione stampa `"Ciao!"`.
- ③ Stampa il nome della funzione. Output: `saluta`.
- ④ Cambia il nome della funzione in `"greeting"`.
- ⑤ Stampa il nuovo nome della funzione. Output: `greeting`.

Se provi a dissociare `__name__`, otterrai un errore:

```
del saluta.__name__ # Questo genererà TypeError
```

### 16.3.2. `__defaults__`

Questo attributo contiene una tupla dei valori predefiniti per i parametri nominati della funzione. Puoi riassegnare o dissociare liberamente questo attributo. Se la funzione non ha parametri nominati, `__defaults__` sarà una tupla vuota.

Esempio:

```
def saluta(nome="ospite"): ①
 print(f"Ciao, {nome}!") ②

print(saluta.__defaults__) ③

saluta.__defaults__ = ("amico",) ④
```

```
saluta()
```

⑤

- ① Definizione della funzione **saluta** con un parametro nominato **nome** avente un valore predefinito.
- ② La funzione stampa un messaggio di saluto.
- ③ Stampa i valori predefiniti dei parametri della funzione. Output: ('ospite',).
- ④ Cambia il valore predefinito del parametro **nome** in "amico".
- ⑤ Chiama la funzione senza argomenti. Output: Ciao, amico!.

Se provi a dissociare `__defaults__`, l'attributo sarà semplicemente rimosso:

```
del saluta.__defaults__

print(saluta.__defaults__)
```

①

- ① Output: None.

Questi attributi permettono una flessibilità aggiuntiva nella manipolazione delle funzioni, offrendo modi per ispezionare e modificare il comportamento predefinito di una funzione.

### 16.3.3. Docstring

Un altro attributo della funzione è la stringa di documentazione, o docstring. Puoi utilizzare o riassegnare la docstring di una funzione come `__doc__`. Quando la prima istruzione nel corpo della funzione è un letterale stringa, il compilatore associa quella stringa come attributo docstring della funzione. Una regola simile si applica a classi e moduli. Le docstring possono estendersi su più righe fisiche, quindi è meglio specificarle in forma di stringa tra triple virgolette.

Le docstring sono particolarmente utili perché vengono visualizzate dalla funzione built-in `help()` quando viene chiamata con il nome della funzione come argomento. Questo consente di fornire una descrizione dettagliata della funzione, delle sue aspettative di input e del suo comportamento, direttamente all'interno del codice.

Esempio di docstring:

```
def somma_sequenza(*numeri):
 """Restituisce la somma di più argomenti numerici.

 Gli argomenti sono zero o più numeri.
 Il risultato è la loro somma.
 """
 return sum(numeri)

help(somma_sequenza)
```

①

②

③

④

- ① Definizione della funzione **somma\_sequenza** con il collettore di argomenti **\*numeri**.
- ② Docstring della funzione che descrive il suo scopo e gli argomenti.
- ③ Restituisce la somma degli argomenti.
- ④ Chiamata alla funzione **help** con l'argomento **somma\_sequenza**, che visualizza la docstring della funzione.

Quando si utilizza la funzione `help()`, la docstring viene visualizzata, offrendo informazioni utili sull'utilizzo della funzione:

```
Help on function somma_sequenza in module __main__:

somma_sequenza(*numeri)
 Restituisce la somma di più argomenti numerici.

 Gli argomenti sono zero o più numeri.
 Il risultato è la loro somma.
```

## 16.4. Annotazioni

Ogni parametro in una clausola `def` può essere annotato con un'espressione arbitraria. Puoi anche annotare il valore di ritorno della funzione utilizzando la forma `-> espressione` tra la parentesi `)` della clausola `def` e i due punti `:` che terminano la clausola `def`. Queste annotazioni sono memorizzate nell'attributo `__annotations__` della funzione e possono essere utilizzate per migliorare la leggibilità del codice e per il type hinting.

Esempio di annotazioni delle funzioni:

```
def f(a: 'foo', b) -> 'bar': ❶
 pass ❷

print(f.__annotations__) ❸
```

- ❶ Definizione della funzione `f` con annotazioni per i parametri `a` e il valore di ritorno.
- ❷ Corpo della funzione vuoto.
- ❸ Stampa le annotazioni della funzione `f`. Output: `{'a': 'foo', 'return': 'bar'}`.

Il type hinting è una applicazione pratica delle annotazioni, che consente di specificare i tipi di variabili, parametri e valori di ritorno, fornendo informazioni utili per il controllo dei tipi a tempo di esecuzione o per strumenti di analisi statica del codice. Il type hinting può essere particolarmente utile per migliorare la leggibilità del codice e facilitare la rilevazione di errori.

Di seguito, un esempio pratico che utilizza il type hinting:

```
def somma_numeri(numeri: list[int]) -> int: ❶
 """Restituisce la somma di una lista di numeri interi.""" ❷
 return sum(numeri) ❸

print(somma_numeri([1, 2, 3, 4])) ❹
print(somma_numeri.__annotations__) ❺
```

- ❶ Definizione della funzione `somma_numeri` con annotazioni dei tipi per il parametro `numeri` e il valore di ritorno.
- ❷ Docstring della funzione che descrive il suo scopo e gli argomenti.
- ❸ Restituisce la somma degli elementi nella lista `numeri`.
- ❹ Chiamata alla funzione `somma_numeri` con una lista di numeri interi. Output: 10.
- ❺ Stampa le annotazioni della funzione `somma_numeri`. Output: `{'numeri': list[int], 'return': <class 'int'>}`.

## 16. Funzioni

Possiamo utilizzare annotazioni per funzioni che accettano e restituiscono tipi più complessi, come dizionari o tuple.

Esempio:

```
def processa_dati(dati: dict[str, tuple[int, int]]) -> dict[str, int]: ①
 """Elabora un dizionario di tuple e restituisce un dizionario di somme.""" ②
 risultato = {} ③

 for chiave, (val1, val2) in dati.items(): ④
 risultato[chiave] = val1 + val2 ⑤

 return risultato ⑥

dati_input = {"a": (1, 2), "b": (3, 4)} ⑦

print(processa_dati(dati_input)) ⑧

print(processa_dati.__annotations__) ⑨
```

- ① Definizione della funzione `processa_dati` con annotazioni dei tipi per il parametro `dati` e il valore di ritorno.
- ② Docstring della funzione che descrive il suo scopo e gli argomenti.
- ③ Inizializzazione del dizionario `risultato`.
- ④ Iterazione sugli elementi del dizionario `dati`.
- ⑤ Calcola la somma dei valori nella tupla e la assegna al dizionario `risultato`.
- ⑥ Restituisce il dizionario `risultato`.
- ⑦ Definizione di un dizionario di input `dati_input`.
- ⑧ Chiamata alla funzione `processa_dati` con il dizionario di input. Output: `{'a': 3, 'b': 7}`.
- ⑨ Stampa le annotazioni della funzione `processa_dati`. Output: `{'dati': dict[str, tuple[int, int]], 'return': dict[str, int]}`.

### 16.5. L'istruzione `return`

La parola chiave `return` può essere utilizzata per terminare una funzione e opzionalmente restituire un valore. Quando una funzione non include una istruzione `return`, restituisce implicitamente `None`.

Esempio di utilizzo di `return`:

```
def quadrato(x): ①
 return x * x ②

print(quadrato(5)) ③
```

- ① Definizione della funzione `quadrato` con il parametro `x`.
- ② Restituisce il quadrato di `x`.
- ③ Chiamata alla funzione `quadrato` con l'argomento 5. Output: 25.

Esempio di funzione che restituisce `None`:

```
def saluta():
 print("Ciao!")

risultato = saluta()
print(risultato)
```

- ① Definizione della funzione `saluta`.
- ② Stampa "Ciao!".
- ③ Chiamata alla funzione `saluta` e assegnazione del risultato a `risultato`.
- ④ Stampa il valore di `risultato`. Output: Ciao! seguito da None.

## 16.6. Chiamate

Una chiamata di funzione è un'espressione con la seguente sintassi:

```
oggetto_funzione(argomenti)
```

`oggetto_funzione` può essere qualsiasi riferimento a un oggetto funzione (o altro oggetto chiamabile); più spesso, è solo il nome della funzione. Le parentesi denotano l'operazione di chiamata della funzione stessa. `argomenti`, nel caso più semplice, è una serie di zero o più espressioni separate da virgole `,`, che forniscono i valori per i parametri corrispondenti della funzione.

Esempio di chiamata di funzione:

```
def saluta(nome):
 print(f"Ciao, {nome}!")

saluta("Luigi")
```

- ① Definizione della funzione `saluta` con il parametro `nome`.
- ② Stampa un messaggio di saluto con il nome.
- ③ Chiamata a `saluta` con l'argomento "Luigi". Output: Ciao, Luigi!.

### 16.6.1. Argomenti

Gli argomenti possono essere di due tipi. Gli argomenti posizionali sono semplici espressioni; gli argomenti nominati assumono la forma:

```
identificatore=espressione
```

È un errore di sintassi che gli argomenti nominati precedano quelli posizionali in una chiamata di funzione. Zero o più argomenti posizionali possono essere seguiti da zero o più argomenti nominati. Ogni argomento posizionale fornisce il valore per il parametro che corrisponde a esso per posizione (ordine) nella definizione della funzione.

Esempio di funzione con argomenti posizionali e nominati:

```
def f(a, b, c=23, d=42, *x):
 print(a, b, c, d, x)

f(1, 2, 3, 4, 5, 6)
```

①  
②  
③

- ① Definizione della funzione `f` con parametri posizionali, nominati e un collettore di argomenti.
- ② Stampa i valori dei parametri e degli argomenti.
- ③ Chiamata a `f` con argomenti. Output: 1 2 3 4 (5, 6).

### 16.6.2. Associazione degli argomenti ai parametri

Una chiamata deve fornire un argomento per tutti i parametri posizionali obbligatori e può farlo per i parametri nominati che non sono esclusivamente nominati.

La corrispondenza avviene come segue:

- I parametri nella forma `*espressione` catturano tutti gli argomenti posizionali rimanenti come una tupla.

```
def f(a, b, *args):
 print(a, b, args)

f(1, 2, 3, 4, 5)
```

①  
②

- ① Funzione con tre parametri posizionali di cui uno è il collettore.
- ② Chiamata con 5 argomenti posizionali.

- I parametri nella forma `**espressione` catturano tutti gli argomenti nominati rimanenti come un dizionario.

```
def f(a, b, **kwargs):
 print(a, b, kwargs)

f(1, 2, c=3, d=4)
```

①  
②

- ① Funzione con due parametri posizionali e un collettore di argomenti nominati.
- ② Chiamata con due argomenti posizionali e due argomenti nominati.

- Supponiamo che la funzione abbia  $N$  parametri posizionali e la chiamata abbia  $M$  argomenti posizionali:
  - Quando  $M \leq N$ , tutti gli argomenti posizionali vengono associati ai primi  $M$  parametri posizionali; i parametri posizionali rimanenti, se presenti, devono essere associati tramite argomenti nominati o avere valori predefiniti.

```
def f(a, b, c=3):
 print(a, b, c)

f(1, 2)
```

①  
②

- ① Funzione con due parametri posizionali obbligatori e uno opzionale con valore predefinito.
- ② Chiamata con due argomenti posizionali.

- Quando  $M > N$ , i rimanenti argomenti posizionali devono essere catturati da `*espressione`.

```
def f(a, b, *args): ①
 print(a, b, args)

f(1, 2, 3, 4) ②
```

- ① Funzione con due parametri posizionali obbligatori e un parametro `*args` per raccogliere argomenti posizionali rimanenti.
- ② Chiamata con quattro argomenti posizionali.

- Quando  $M > N$  e non c'è un parametro `*espressione`, Python solleva un'eccezione `TypeError`.

```
def f(a, b): ①
 print(a, b)

try:
 f(1, 2, 3) ②

except TypeError as e:
 print(e) ③
```

- ① Funzione con due parametri posizionali obbligatori.
- ② Chiamata con tre argomenti posizionali, che solleva un `TypeError`.
- ③ Output dell'eccezione.

- Gli argomenti nominati vengono quindi associati, nell'ordine delle occorrenze degli argomenti nella chiamata, ai parametri corrispondenti per nome. I tentativi di riassociare un nome di parametro già associato sollevano un'eccezione `TypeError`.

```
def f(a, b, c): ①
 print(a, b, c)

f(a=1, b=2, c=3) ②

try:
 f(a=1, b=2, a=3) ③

except TypeError as e:
 print(e) ④
```

- ① Funzione con tre parametri posizionali obbligatori.
- ② Chiamata con tre argomenti nominati.
- ③ Chiamata con un argomento nominato duplicato, che solleva un `TypeError`.
- ④ Output dell'eccezione.

- Se a questo punto rimangono argomenti nominati non associati:

- Quando la firma della funzione include un parametro `**nome`, l'interprete crea un dizionario con coppie chiave/valore (`nome_argomento`, `valore_argomento`) e lo associa a `nome` nello spazio dei nomi della chiamata alla funzione.

```
def f(a, **kwargs): ①
 print(a, kwargs)

f(1, b=2, c=3) ②
```

- ① Funzione con un parametro posizionale obbligatorio e un parametro **\*\*kwargs** per raccogliere argomenti nominati rimanenti.
- ② Chiamata con un argomento posizionale e due argomenti nominati.

– In assenza di un tale parametro, Python solleva un’eccezione **TypeError**.

```
def f(a): ①
 print(a)

try:
 f(a=1, b=2) ②
except TypeError as e: ③
 print(e)
```

- ① Funzione con un parametro posizionale obbligatorio.
- ② Chiamata con un argomento posizionale e uno nominato, che solleva un **TypeError**.
- ③ Output dell’eccezione.

- I parametri nominati rimanenti non associati vengono associati ai loro valori predefiniti.

```
def f(a, b=2, c=3): ①
 print(a, b, c)

f(1) ②
f(1, c=4) ③
```

- ① Funzione con un parametro posizionale obbligatorio e due parametri con valori predefiniti.
- ② Chiamata con un argomento posizionale.
- ③ Chiamata con un argomento posizionale e uno nominato.

A questo punto, lo spazio dei nomi della chiamata alla funzione è completamente popolato e l’interprete esegue il corpo della funzione utilizzando quello spazio dei nomi come spazio dei nomi locale per la funzione.

## 16.7. Spazi di nomi

I parametri di una funzione, insieme a qualsiasi nome che viene associato (attraverso un’assegnazione o altre istruzioni di binding, come **def**) nel corpo della funzione, costituiscono lo spazio dei nomi locale della funzione, noto anche come ambito locale. Ognuna di queste variabili è nota come variabile locale della funzione.

Le variabili che non sono locali sono conosciute come variabili globali (in assenza di definizioni di funzioni annidate, di cui parleremo a breve). Le variabili globali sono attributi dell’oggetto modulo. Ogni volta che una variabile locale di una funzione ha lo stesso nome di una variabile globale, quel nome, all’interno del corpo della funzione, si riferisce alla variabile locale, non a quella globale. Esprimiamo questo dicendo che la variabile locale nasconde la variabile globale con lo stesso nome in tutto il corpo della funzione.



### 16.7.1. L'istruzione `global`

Per impostazione predefinita, qualsiasi variabile associata in un corpo di funzione è locale alla funzione. Se una funzione ha bisogno di associare o riassociare alcune variabili globali (pratica non consigliata!), la prima istruzione del corpo della funzione deve essere:

```
global identificatori
```

dove `identificatori` è uno o più identificatori separati da virgole `,`. Gli identificatori elencati in un'istruzione `global` si riferiscono alle variabili globali (cioè attributi dell'oggetto modulo) che la funzione deve associare o riassociare.

Esempio di utilizzo di `global`:

```
_count = 0 ①
def contatore(): ②
 global _count ③
 _count += 1 ④
 return _count ⑤
print(contatore()) ⑥
print(contatore()) ⑦
```

- ① Variabile globale `_count` inizializzata a 0.
- ② Definizione della funzione `contatore`.
- ③ Dichiarazione di `_count` come variabile globale.
- ④ Incremento della variabile globale `_count`.
- ⑤ Restituzione del valore di `_count`.
- ⑥ Chiamata a `contatore`. Output: 1.
- ⑦ Chiamata a `contatore` nuovamente. Output: 2.

Senza l'istruzione `global`, la funzione `contatore` solleverebbe un'eccezione `UnboundLocalError` quando viene chiamata, perché `_count` sarebbe una variabile locale non inizializzata (non associata). Sebbene l'istruzione `global` consenta questo tipo di programmazione, questo stile è inefficace e sconsigliato. Come menzionato in precedenza, quando si desidera raggruppare uno stato e un comportamento, i meccanismi orientati agli oggetti sono generalmente i migliori.

### 16.7.2. Funzioni annidate e ambiti annidati

Un'istruzione `def` all'interno del corpo di una funzione definisce una funzione annidata, e la funzione il cui corpo include la `def` è conosciuta come funzione esterna a quella annidata. Il codice nel corpo di una funzione annidata può accedere (ma non riassociare) variabili locali di una funzione esterna, note anche come variabili libere della funzione annidata.

Esempio di funzione annidata che accede a variabili esterne:

```

def esterna(a, b, c):
 def annidata(x):
 return (x * 100.0) / (a + b + c)

 print('Percentuali:', annidata(a), annidata(b), annidata(c))

esterna(10, 20, 30)

```

- ① Definizione della funzione esterna **esterna**.
- ② Definizione della funzione annidata **annidata**.
- ③ La funzione annidata accede alle variabili **a**, **b** e **c** della funzione esterna.
- ④ Stampa le percentuali calcolate dalla funzione annidata.
- ⑤ Chiamata alla funzione **esterna** con argomenti 10, 20, 30.

Una funzione annidata che accede ai valori dalle variabili locali delle funzioni contenenti è anche nota come chiusura (*closure*).

Esempio di chiusura:

```

def crea_sommatore(augendo):
 def somma(addendo):
 return addendo + augendo

 return somma

somma5 = crea_sommatore(5)
somma9 = crea_sommatore(9)

print(somma5(10))
print(somma9(10))

```

- ① Definizione della funzione esterna **crea\_sommatore**.
- ② Definizione della funzione annidata **somma**.
- ③ La funzione **somma** accede alla variabile **augendo** della funzione esterna.
- ④ La funzione esterna **crea\_sommatore** ritorna la funzione **somma**.
- ⑤ Creazione di una funzione che somma 5 a un numero.
- ⑥ Creazione di una funzione che somma 9 a un numero.
- ⑦ Chiamata alla funzione **somma5** con argomento 10. Output: 15.
- ⑧ Chiamata alla funzione **somma9** con argomento 10. Output: 19.

La parola chiave **nonlocal** funziona in modo simile a **global**, ma si riferisce a un nome nello spazio dei nomi di una funzione che circonda lessicamente.

Esempio di **nonlocal**:

```

def crea_contatore():
 conteggio = 0

 def contatore():
 nonlocal conteggio

```

```

 conteggio += 1
 return conteggio

return contatore

c1 = crea_contatore()
c2 = crea_contatore()

print(c1(), c1(), c1())
print(c2(), c2())
print(c1(), c2(), c1())

```

- ① Definizione della funzione `crea_contatore`.
- ② Inizializzazione della variabile `conteggio`.
- ③ Definizione della funzione annidata `contatore`.
- ④ Dichiarazione di `conteggio` come `nonlocal`.
- ⑤ Incremento della variabile `conteggio`.
- ⑥ Restituzione del valore di `conteggio`.
- ⑦ Restituzione della funzione `contatore`.
- ⑧ Creazione di un contatore `c1`.
- ⑨ Creazione di un contatore `c2`.
- ⑩ Chiamata a `c1` tre volte. Output: 1 2 3.
- ⑪ Chiamata a `c2` due volte. Output: 1 2.
- ⑫ Chiamata a `c1` e `c2` alternata. Output: 4 3 5.

## 16.8. Espressioni lambda

Se il corpo di una funzione è una singola espressione `return`, possiamo (opzionalmente) scegliere di sostituire la funzione con la speciale forma di espressione `lambda`:

```
lambda parametri: espressione
```

Un'espressione `lambda` è l'equivalente anonimo di una funzione normale il cui corpo è una singola istruzione `return`. La sintassi `lambda` non utilizza la parola chiave `return`. Possiamo usare un'espressione `lambda` ovunque potremmo usare un riferimento a una funzione.

Esempio di utilizzo di una `lambda`:

```

numeri = [5, 2, 8, 3]

ordinati = sorted(numeri, key=lambda x: x)

print(ordinati)

```

- ① Lista di numeri.
- ② Utilizzo di una `lambda` per ordinare la lista.
- ③ Output: [2, 3, 5, 8].

Le espressioni `lambda` possono essere utili quando desideriamo utilizzare una funzione estremamente semplice come argomento o valore di ritorno.

Altro esempio:

```
calcola_area = lambda lunghezza, larghezza: lunghezza * larghezza ①

area1 = calcola_area(5, 10) ②
area2 = calcola_area(7, 3) ③

print(f"L'area del rettangolo 1 è: {area1}") ④
print(f"L'area del rettangolo 2 è: {area2}") ⑤
```

- ① Definisce una `lambda` che prende due parametri, `lunghezza` e `larghezza`, e ritorna il loro prodotto, che rappresenta l'area del rettangolo.
- ② Utilizza la `lambda` per calcolare l'area di un rettangolo con lunghezza 5 e larghezza 10.
- ③ Utilizza la `lambda` per calcolare l'area di un rettangolo con lunghezza 7 e larghezza 3.
- ④ Stampa l'area del primo rettangolo: "L'area del rettangolo 1 è: 50".
- ⑤ Stampa l'area del secondo rettangolo: "L'area del rettangolo 2 è: 21".

Mentre `lambda` può essere utile, `def` è solitamente preferibile: è più generale e ti aiuta a rendere il codice più leggibile, poiché si può scegliere un nome chiaro per la funzione.

# 17. Esercizi

Legenda livelli:

**Neofita:** Adatto a chi è alle prime armi con la programmazione. Gli esercizi di questo livello richiedono una conoscenza basilare della sintassi di Python e dei concetti fondamentali come variabili, semplici espressioni, dimistichezza coll'esecuzione dell'interprete.

**Principiante:** Gli esercizi a questo livello sono pensati per chi ha familiarità con i costrutti di base di Python e vuole iniziare a esplorare le strutture dati come liste, tuple e dizionari.

**Principiante evoluto:** Questi esercizi richiedono una comprensione più approfondita dei costrutti disponibili e delle operazioni sulle strutture dati fornite dal linguaggio. Gli studenti dovrebbero essere in grado di scrivere funzioni e manipolare collezioni di dati, usando la documentazione del linguaggio.

**Autonomo:** A questo livello, gli studenti devono saper gestire concetti come il controllo del workflow di esecuzione per mezzo delle eccezioni, l'uso di moduli e pacchetti standard, nonché di quelli esterni al linguaggio. Gli studenti devono saper effettuare un debugging, fornire codice documentato e più organizzato e modulare.

**Intermedio:** Gli esercizi richiedono la capacità di lavorare con librerie esterne, creare e gestire oggetti complessi, e utilizzare tecniche di programmazione più avanzate come le comprensioni di lista e le espressioni lambda, sapendo applicare pienamente sia lo stile orientato agli oggetti che quello funzionale. Gli studenti devono produrre codice robusto per mezzo di tecniche come i test di unità.

**Esperto:** A questo livello, gli esercizi implicano la padronanza di concetti avanzati come il decoratori, i generatori, e la manipolazione avanzata dei dati. Gli studenti dovrebbero essere in grado di risolvere problemi complessi con soluzioni eleganti.

**Esperto evoluto:** Gli studenti devono avere competenze solide di disegno di software basato sul paradigma dell'orientamento agli oggetti e funzionale, nonché nell'ottimizzazione del codice per la performance.

**Maestro:** Gli esercizi a questo livello richiedono la conoscenza approfondita di Python, comprese le tecniche di programmazione asincrona, il threading e la gestione di progetti di grandi dimensioni in diversi ambiti.

**Maestro evoluto:** A questo livello, gli studenti devono padroneggiare la creazione di librerie proprie anche usando le modalità di estensione di Python.

**Guru:** Questo è il livello più alto di difficoltà, dove gli esercizi richiedono una comprensione approfondita e una padronanza assoluta di Python. Gli studenti devono essere in grado di risolvere problemi estremamente complessi, ottimizzare il codice a livello di prestazioni e memoria, e applicare concetti avanzati di ingegneria del software.

## 17.1. Python come calcolatrice

Primi esperimenti con Python.

### 17.1.1. Numeri interi e in virgola mobile

## 17.2. Problema

Usare gli operatori matematici su costanti numeriche e osservare i risultati e gli errori nel REPL, perché è più immediato rispetto all'esecuzione completa del programma e permette di prendere dimistichezza velocemente con dei costrutti di base del linguaggio.

## 17.3. Soluzione

Il codice seguente può essere eseguito sia nel REPL, riga per riga, sia come programma.

#### Suggerimento

Usando il REPL, basterà digitare l'espressione senza assegnamento per ottenere il risultato.

```
Moltiplicazione
x = 5 * 2
print(x)

x = 5 * 2.
print(x) # Cosa notiamo?

Divisione in virgola mobile
x = 5 / 2
print(x)

x = 4 / 2
print(x) # Cosa notiamo?

x = 4 / 2.
print(x)

Confronto
x = 5 > 2
print(x)

x = 5 > 2.
print(x) # Cosa notiamo?

Diversità
x = 4 != 4.
print(x) # Cosa notiamo?

x = 0 != (1 - 1)
print(x) # Cosa notiamo?
```

### 17.3.1. Stringhe

## 17.4. Problema

Usare gli operatori su stringhe, sempre nel REPL.

## 17.5. Soluzione

```
s = "Hello" + ' ' + 'World!'
print(s)

ss = s

ss *= 2
print(ss)
print(s) # Cosa notiamo per s e ss?

Appartenenza
b = 'el' in s
print(b)

b = 'oo' not in s
print(b)

Confronto
b = "Ciao Mondo!" < s
print(b) # È rispettato l'ordine lessicografico?

l_s= len(s)
print(l_s)

Slicing della stringa come contenitore di caratteri
s_ = ss[:l_s]
print(s_)

l_ss = len(ss)
print(l_ss)

Modo alternativo di ottenere la stringa originale solo usando ss
s_ = ss[:int(l_ss / 2)]
print(s_)

Metodo per rendere la stringa in maiuscolo
su = s.upper()
print(su)

Uguaglianza
```

```
b = s == su
print(b) # Cosa notiamo?
```

### 17.5.1. Espressioni

## 17.6. Problema

Costruire delle espressioni per comprendere come mischiare numeri e stringhe, la precedenza degli operatori e le conversioni di tipo, sempre nel REPL.

## 17.7. Soluzione

```
n = 42
s = "42"

Congiunzione
b = n and s
print(b) # Cosa notiamo?

Disgiunzione
b = n or s
print(b)

Negazione e congiunzione
b = n and not s
print(b) # Cosa notiamo?

Conversione di tipo in stringa e appartenenza
b = str(2) in s
print(b)

Conversione di tipo in intero e divisione
b = int(s) / 2
print(b)

Espressione con precedenza data dall'ordine degli operatori
e = 2 + n * 3
print(e)

Espressione con precedenza modificata colle parentesi
e = (2 + n) * 3
print(e) # Cosa notiamo?
```



## 17.8. Numeri pari o dispari

Definire una funzione che prende in input un numero intero e restituisce una stringa di **Pari** o **Dispari**.

### 17.8.1. Riscaldamento

## 17.9. Problema

Sperimentiamo l'operatore modulo %, che restituisce il resto della divisione di due interi, con diversi input sia pari che dispari usando un test condizionale.

## 17.10. Soluzione

```
n = 42

if n % 2 == 0:
 print("Pari")

else:
 print("Dispari")
```

### 17.10.1. Svolgimento

## 17.11. Problema

Inserire le istruzioni in una funzione che prende in input un parametro, il numero intero, e restituisce una stringa, **Pari** o **Dispari**. Sperimentare soluzioni diverse.

## 17.12. Soluzione 1

Usiamo l'operatore modulo % che restituisce il resto della divisione di due interi all'interno di una funzione. Questa prende in input un numero intero e restituisce la stringa richiesta.

```
def pari_o_dispari(n):
 if n % 2 == 0:
 return "Pari"

 else:
 return "Dispari"

risultato = pari_o_dispari(42)

print(risultato)
```

```
risultato = pari_o_dispari(73)

print(risultato)
```

### 17.13. Soluzione 2

Usiamo l'operatore modulo % per il test di parità sul numero intero e la funzione `isinstance` per verificare il tipo in input.

```
def pari_o_dispari(n):
 if not isinstance(n, int):
 return "Errore: l'input deve essere un numero intero!"

 if n % 2 == 0:
 return "Pari"

 else:
 return "Dispari"

risultato = pari_o_dispari(42)

print(risultato)

risultato = pari_o_dispari(73)

print(risultato)
```

### 17.14. Soluzione 3

Usiamo l'operatore modulo %, la funzione `isinstance` per verificare il tipo in input e `assert` in caso di input non corretto.

```
def pari_o_dispari(n):
 assert isinstance(n, int), \
 "Errore: l'input deve essere un numero intero!"

 if n % 2 == 0:
 return "Pari"

 else:
 return "Dispari"

risultato = pari_o_dispari(42)

print(risultato)
```

```

risultato = pari_o_dispari(73)

print(risultato)

'''
risultato = pari_o_dispari("42")

print(risultato)

risultato = pari_o_dispari(73.)

print(risultato)
'''

```

## 17.15. Soluzione 4

Usiamo la funzione `divmod` che restituisce il quoziente e il resto della divisione di due interi. Per ottenere documentazione su essa basterà digitare `help(divmod)` nel REPL.

```

def pari_o_dispari(n):
 _, remainder = divmod(n, 2)

 return "Pari" if remainder == 0 else "Dispari"

risultato = pari_o_dispari(42)

print(risultato)

risultato = pari_o_dispari(73)

print(risultato)

```

## 17.16. Rimozione di duplicati da una lista preservando l'ordinamento

## 17.17. Problema

Scrivere una funzione che prende in input una lista e ne rimuove i duplicati, preservando l'ordinamento.

## 17.18. Soluzione 1

Usiamo un ciclo `for` per iterare attraverso la lista originale e una lista di appoggio per memorizzare gli elementi unici. Gli elementi vengono aggiunti alla lista di appoggio solo se non sono già presenti in essa, preservando così l'ordine originale.

```
def rimuovi_duplicati(lista):
 lista_senza_duplicati = []

 for elemento in lista:
 if elemento not in lista_senza_duplicati:
 lista_senza_duplicati.append(elemento)

 return lista_senza_duplicati

Esempio di utilizzo
lista = [4, 2, 2, 3, 1, 4, 5]

print(rimuovi_duplicati(lista))
```

## 17.19. Soluzione 2

Usiamo un ciclo `while` per iterare attraverso la lista originale. Un `set` viene utilizzato per memorizzare gli elementi già visti e una lista di appoggio per memorizzare gli elementi unici. Gli elementi vengono aggiunti alla lista di appoggio solo se non sono già presenti nel `set`.

```
def rimuovi_duplicati(lista):
 lista_senza_duplicati = []

 visti = set()

 i = 0
 while i < len(lista):
 if lista[i] not in visti:
 lista_senza_duplicati.append(lista[i])

 visti.add(lista[i])

 i += 1

 return lista_senza_duplicati

Esempio di utilizzo
lista = [4, 2, 2, 3, 1, 4, 5]

print(rimuovi_duplicati(lista))
```

## 17.20. Soluzione 3

Usiamo un dizionario per memorizzare gli elementi unici, sfruttando il fatto che i dizionari preservano l'ordine di inserimento a partire da Python 3.7. Gli elementi vengono aggiunti al dizionario come chiavi, e infine si restituisce la lista delle chiavi del dizionario.

```
def rimuovi_duplicati(lista):
 return list(dict.fromkeys(lista))

Esempio di utilizzo
lista = [4, 2, 2, 3, 1, 4, 5]

print(rimuovi_duplicati(lista))
```

## 17.21. Soluzione 4

Utilizziamo una list comprehension per creare una nuova lista. Un `set` viene usato per tenere traccia degli elementi già visti, e gli elementi vengono aggiunti alla lista finale solo se non sono già presenti nel `set`.

```
def rimuovi_duplicati(lista):
 visti = set()

 lista_senza_duplicati = [elemento
 for elemento in lista
 if elemento not in visti and not visti.add(elemento)]

 return lista_senza_duplicati

Esempio di utilizzo
lista = [4, 2, 2, 3, 1, 4, 5]

print(rimuovi_duplicati(lista))
```

## 17.22. Rimozione di duplicati da una lista e ordinamento

### 17.23. Problema

Scrivere una funzione che prende in input una lista e ne rimuove i duplicati, ordinando il risultato.

### 17.24. Soluzione 1

Usiamo un ciclo `for` per iterare attraverso la lista originale e una lista di appoggio per memorizzare gli elementi unici. Gli elementi vengono aggiunti alla lista di appoggio solo se non sono già presenti in essa. Dopo aver rimosso i duplicati, ordiniamo la lista risultante.

```
def rimuovi_duplicati(lista):
 lista_senza_duplicati = []

 for elemento in lista:
 if elemento not in lista_senza_duplicati:
```

```

 lista_senza_duplicati.append(elemento)

 return sorted(lista_senza_duplicati)

Esempio di utilizzo
lista = [4, 2, 2, 3, 1, 4, 5]

print(rimuovi_duplicati(lista))

```

## 17.25. Soluzione 2

Usiamo un ciclo `while` per iterare attraverso la lista originale. Un `set` viene utilizzato per memorizzare gli elementi già visti e una lista di appoggio per memorizzare gli elementi unici. Gli elementi vengono aggiunti alla lista di appoggio solo se non sono già presenti nel `set`. Dopo aver rimosso i duplicati, ordiniamo la lista risultante.

```

def rimuovi_duplicati(lista):
 lista_senza_duplicati = []
 visti = set()

 i = 0
 while i < len(lista):
 if lista[i] not in visti:
 lista_senza_duplicati.append(lista[i])

 visti.add(lista[i])

 i += 1

 return sorted(lista_senza_duplicati)

Esempio di utilizzo
lista = [4, 2, 2, 3, 1, 4, 5]

print(rimuovi_duplicati(lista))

```

## 17.26. Soluzione 3

Usiamo un dizionario per memorizzare gli elementi unici, sfruttando il fatto che i dizionari preservano l'ordine di inserimento a partire da Python 3.7. Gli elementi vengono aggiunti al dizionario come chiavi. Dopo aver rimosso i duplicati, ordiniamo la lista delle chiavi del dizionario.

```

def rimuovi_duplicati(lista):
 return sorted(dict.fromkeys(lista))

Esempio di utilizzo

```

```
lista = [4, 2, 2, 3, 1, 4, 5]

print(rimuovi_duplicati(lista))
```

## 17.27. Soluzione 4

Utilizziamo una list comprehension per creare una nuova lista. Un `set` viene usato per tenere traccia degli elementi già visti, e gli elementi vengono aggiunti alla lista finale solo se non sono già presenti nel `set`. Dopo aver rimosso i duplicati, ordiniamo la lista risultante.

```
def rimuovi_duplicati(lista):
 visti = set()

 lista_senza_duplicati = [x for x in lista if not (x in visti or visti.add(x))]

 return sorted(lista_senza_duplicati)

Esempio di utilizzo
lista = [4, 2, 2, 3, 1, 4, 5]

print(rimuovi_duplicati(lista))
```

## 17.28. Calcolo del fattoriale di un numero

## 17.29. Problema

Scrivere una funzione che prende in input un numero intero positivo e restituisce il suo fattoriale.

### Suggerimento

Il fattoriale di un numero  $n$  è il prodotto di tutti i numeri interi positivi minori o uguali a  $n$  ed è denotato come  $n!$ .

## 17.30. Soluzione 1

Usiamo un ciclo `for` per calcolare il fattoriale. Partiamo da 1 e moltiplichiamo progressivamente tutti i numeri fino a  $n$ .

```
def fattoriale(n):
 risultato = 1

 for i in range(1, n + 1):
 risultato *= i
```

```

return risultato

Esempio di utilizzo
numero = 5

print(fattoriale(numero))

```

①

① Output: 120.

## 17.31. Soluzione 2

Usiamo un ciclo `while` per calcolare il fattoriale. Partiamo da 1 e moltiplichiamo progressivamente tutti i numeri fino a `n`, utilizzando una variabile di iterazione.

```

def fattoriale(n):
 risultato = 1
 i = 1

 while i <= n:
 risultato *= i

 i += 1

 return risultato

Esempio di utilizzo
numero = 5

print(fattoriale(numero))

```

①

① Output: 120.

## 17.32. Soluzione 3

Utilizziamo la ricorsione per calcolare il fattoriale. La funzione richiama se stessa riducendo il problema fino a raggiungere il caso base `n = 1`.

```

def fattoriale(n):
 if n == 0 or n == 1:
 return 1

 else:
 return n * fattoriale(n - 1)

Esempio di utilizzo
numero = 5

```



```
print(fattoriale(numero))
```

①

① Output: 120.

## 17.33. Soluzione 4

Usiamo la funzione `reduce` del modulo `functools` per calcolare il fattoriale. Questa soluzione utilizza un approccio funzionale per ridurre una sequenza di numeri a un singolo valore.

```
from functools import reduce

def fattoriale(n):
 return reduce(lambda x, y: x * y, range(1, n + 1), 1)

Esempio di utilizzo
numero = 5

print(fattoriale(numero))
```

①

① Output: 120.

## 17.34. Contare le parole in una frase in modo semplificato

## 17.35. Problema

Scrivere una funzione che prende in input una stringa contenente una frase e restituisce un dizionario con il conteggio di ciascuna parola nella frase. Le frasi non devono contenere punteggiatura e il confronto tiene conto della differenza tra lettere maiuscole e minuscole.

## 17.36. Soluzione 1

Usiamo un ciclo `for` per iterare attraverso le parole della frase, aggiornando il conteggio di ciascuna parola in un dizionario.

```
def conta_parole(frase):
 parole = frase.split()
 conteggio = {}

 for parola in parole:
 if parola in conteggio:
 conteggio[parola] += 1

 else:
 conteggio[parola] = 1
```

```

 return conteggio

Esempio di utilizzo
frase = "ciao ciao come stai ciao"

print(conta_parole(frase))

```

①

1. Output: {'ciao': 3, 'come': 1, 'stai': 1}.

## 17.37. Soluzione 2

Usiamo il metodo `get` del dizionario per aggiornare il conteggio delle parole in un dizionario.

```

def conta_parole(frase):
 parole = frase.split()
 conteggio = {}

 for parola in parole:
 conteggio[parola] = conteggio.get(parola, 0) + 1
 return conteggio

Esempio di utilizzo
frase = "ciao ciao come stai ciao"

print(conta_parole(frase))

```

## 17.38. Soluzione 3

Usiamo il modulo `collections` e il `defaultdict` per semplificare il conteggio delle parole.

```

from collections import defaultdict

def conta_parole(frase):
 parole = frase.split()
 conteggio = defaultdict(int)

 for parola in parole:
 conteggio[parola] += 1

 return dict(conteggio)

Esempio di utilizzo
frase = "ciao ciao come stai ciao"

print(conta_parole(frase))

```

## 17.39. Soluzione 4

Usiamo il modulo `collections` e `Counter` per contare le parole nella frase in modo conciso.

```
from collections import Counter

def conta_parole(frase):
 parole = frase.split()

 conteggio = Counter(parole)

 return dict(conteggio)

Esempio di utilizzo
frase = "ciao ciao come stai ciao"

print(conta_parole(frase))
```

## 17.40. Contare le parole in una frase con esattezza

### 17.41. Problema

Scrivere una funzione che prende in input una stringa contenente una frase e un flag `maiuscolo_minuscolo` che controlla se il conteggio delle parole debba tener conto del maiuscolo o minuscolo. Inoltre considera parole senza tener conto di eventuale punteggiatura nel calcolo. La funzione restituisce un dizionario con il conteggio di ciascuna parola nella frase.

#### Suggerimento

Si può usare `string.punctuation` del modulo `string` che contiene tutti i caratteri di punteggiatura disponibili in Python. Include caratteri come `!"#$%&'()*+,-./:;<=>?@[\\]^_`{|}~.`

### 17.42. Soluzione 1

Usiamo un ciclo `for` per iterare attraverso le parole della frase, aggiornando il conteggio di ciascuna parola in un dizionario. Il comportamento è determinato dal flag `maiuscolo_minuscolo`.

```
import string

def conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=False):
 if not maiuscolo_minuscolo:
 frase = frase.lower()

 frase = ''.join(carattere for carattere in frase if carattere not in string.punctuation)

 parole = frase.split()
```

```

conteggio = {}

for parola in parole:
 if parola in conteggio:
 conteggio[parola] += 1

 else:
 conteggio[parola] = 1

return conteggio

Esempio di utilizzo
frase = "Ciao, ciao! Come stai? Ciao."

print(conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=False))
print(conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=True))

```

## 17.43. Soluzione 2

Usiamo il metodo `get` del dizionario per aggiornare il conteggio delle parole in un dizionario. Il comportamento è determinato dal flag `maiuscolo_minuscolo`.

```

import string

def conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=False):
 if not maiuscolo_minuscolo:
 frase = frase.lower()

 frase = ''.join(carattere for carattere in frase if carattere not in string.punctuation)

 parole = frase.split()

 conteggio = {}

 for parola in parole:
 conteggio[parola] = conteggio.get(parola, 0) + 1

 return conteggio

Esempio di utilizzo
frase = "Ciao, ciao! Come stai? Ciao."

print(conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=False))
print(conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=True))

```

## 17.44. Soluzione 3

Usiamo il modulo `collections` e il `defaultdict` per semplificare il conteggio delle parole. Il comportamento è determinato dal flag `maiuscolo_minuscolo`.

```
import string
from collections import defaultdict

def conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=False):
 if not maiuscolo_minuscolo:
 frase = frase.lower()

 frase = ''.join(carattere for carattere in frase if carattere not in string.punctuation)

 parole = frase.split()

 conteggio = defaultdict(int)

 for parola in parole:
 conteggio[parola] += 1

 return dict(conteggio)

Esempio di utilizzo
frase = "Ciao, ciao! Come stai? Ciao."

print(conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=False))
print(conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=True))
```

## 17.45. Soluzione 4

Usiamo il modulo `collections` e `Counter` per contare le parole nella frase in modo conciso. Il comportamento è determinato dal flag `maiuscolo_minuscolo`.

```
import string
from collections import Counter

def conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=False):
 if not maiuscolo_minuscolo:
 frase = frase.lower()

 frase = ''.join(carattere for carattere in frase if carattere not in string.punctuation)

 parole = frase.split()

 conteggio = Counter(parole)

 return dict(conteggio)
```

```
Esempio di utilizzo
frase = "Ciao, ciao! Come stai? Ciao."

print(conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=False))
print(conta_parole(frase, maiuscolo_minuscolo=True))
```

## 17.46. Creazione e gestione di file

### 17.46.1. Creazione di file di testo

## 17.47. Problema

Scrivere una funzione che crea un file di testo, scrive diverse righe al suo interno includendo interi, float, stringhe, liste e dizionari, e salva il file.

## 17.48. Soluzione 1

```
def crea_file_di_testo(nome_file):
 with open(nome_file, 'w') as file:
 file.write(f"Esempio di intero: {42}\n")

 file.write(f"Esempio di float: {3.14}\n")

 file.write(f"Esempio di stringa: {'Ciao, mondo!'}\n")

 lista = [1, 2, 3, 4]
 file.write(f"Esempio di lista: {lista}\n")

 dizionario = {'chiave': 'valore', 'numero': 42}
 file.write(f"Esempio di dizionario: {dizionario}\n")

Esempio di utilizzo
crea_file_di_testo("esempio.txt")
```

- ① Apre un file in modalità scrittura.
- ② Scrive un esempio di intero nel file.
- ③ Scrive un esempio di float nel file.
- ④ Scrive un esempio di stringa nel file.
- ⑤ Scrive un esempio di lista nel file.
- ⑥ Scrive un esempio di dizionario nel file.

## 17.49. Soluzione 2

```
def crea_file_di_testo_writelines(nome_file):
 with open(nome_file, 'w') as file:
 righe = [
 f"Esempio di intero: {42}\n",
 f"Esempio di float: {3.14}\n",
 f"Esempio di stringa: {'Ciao, mondo!'}\n",
 f"Esempio di lista: {[1, 2, 3, 4]}\n",
 f"Esempio di dizionario: {'chiave': 'valore', 'numero': 42}}\n"
]

 file.writelines(righe)

Esempio di utilizzo
crea_file_di_testo_writelines("esempio_writelines.txt")
```

- ① Apre un file in modalità scrittura.
- ② Definisce una lista di righe di testo, ognuna rappresentante un diverso tipo di dato.
- ③ Scrive tutte le righe nel file utilizzando `writelines`.

### 17.49.1. Creazione di file JSON

## 17.50. Problema

Scrivere una funzione che crea un file JSON, scrive alcuni dati al suo interno e salva il file.

## 17.51. Soluzione 1

```
import json

def crea_file_json(nome_file, dati):
 with open(nome_file, 'w') as file:
 json.dump(dati, file, indent=4)

Esempio di utilizzo
dati = {
 "intero": 42,
 "float": 3.14,
 "stringa": "Ciao, mondo!",
 "lista": [1, 2, 3, 4],
```

```
"dizionario": {"chiave": "valore", "numero": 42}
}

crea_file_json("esempio.json", dati)
```

- ① Importa il modulo `json`.
- ② Apre un file in modalità scrittura.
- ③ Scrive i dati nel file JSON con indentazione.

## 17.52. Soluzione 2

```
import json ①

def crea_file_json_formattato(nome_file, dati):
 json_data = json.dumps(dati, indent=4) ②

 with open(nome_file, 'w') as file: ③
 file.write(json_data) ④

Esempio di utilizzo
dati = {
 "intero": 42,
 "float": 3.14,
 "stringa": "Ciao, mondo!",
 "lista": [1, 2, 3, 4],
 "dizionario": {"chiave": "valore", "numero": 42}
}

crea_file_json_formattato("esempio_formattato.json", dati)
```

- ① Importa il modulo `json`.
- ② Converte i dati in una stringa JSON formattata con indentazione.
- ③ Apre un file in modalità scrittura.
- ④ Scrive la stringa JSON nel file.

### 17.52.1. Lettura di file JSON

## 17.53. Problema

Scrivere una funzione che legge un file JSON, riconosce i tipi di dato delle chiavi e dei valori e stampa i dati convertiti.



## 17.54. Soluzione

```

import json ①

def converti_valore(valore):
 if isinstance(valore, str):
 try:
 valore_convertito = int(valore) ②

 except ValueError:
 try:
 valore_convertito = float(valore) ③
 except ValueError:
 valore_convertito = valore ④

 else:
 valore_convertito = valore

 return valore_convertito

def leggi_file_json(nome_file):
 with open(nome_file, 'r') as file: ⑤
 dati = json.load(file) ⑥

 dati_convertiti = {}

 for chiave, valore in dati.items():
 chiave_convertita = converti_valore(chiave)

 if isinstance(valore, list):
 valore_convertito = [converti_valore(v) for v in valore]

 else:
 valore_convertito = converti_valore(valore)

 dati_convertiti[chiave_convertita] = valore_convertito

 print(dati_convertiti) ⑦

def crea_file_json(nome_file):
 dati = {
 "nome": "Mario",
 "cognome": "Rossi",
 "eta": 30,
 "altezza": 1.75,
 "hobby": ["lettura", "pittura", "ciclismo"],
 "punteggi": [8, 90, 78],
 "info": {"stato_civile": "sposato", "figli": 2}
 }

```

```

with open(nome_file, 'w') as file:
 json.dump(dati, file, indent=2)

crea_file_json("esempio.json")

leggi_file_json("esempio.json")

```

- ① Importa il modulo json.
- ② Prova a convertire in intero.
- ③ Prova a convertire a valore in virgola mobile.
- ④ Mantiene come stringa.
- ⑤ Apre un file in modalità lettura.
- ⑥ Legge i dati dal file JSON.
- ⑦ Stampa i dati letti dal file, con chiavi e valori convertiti ai rispettivi tipi.
- ⑧ Apre un file in modalità scrittura.
- ⑨ Scrive i dati nel file JSON con un'indentazione di 2 spazi.

### 17.54.1. Creazione e gestione di cartelle e file

## 17.55. Problema

Scrivere una funzione che crea una cartella e un file al suo interno, crea un'altra cartella e un file al suo interno, e poi esegue operazioni di cancellazione di cartelle e file, nonché spostamento di file tra le cartelle.

## 17.56. Soluzione

```

import os
import shutil

def crea_cartelle_e_file():
 os.makedirs("cartella1", exist_ok=True)

 with open(os.path.join("cartella1", "file1.txt"), 'w') as file:
 file.write("Questo è il file 1 nella cartella 1")

 os.makedirs("cartella2", exist_ok=True)

 with open(os.path.join("cartella2", "file2.txt"), 'w') as file:
 file.write("Questo è il file 2 nella cartella 2")

def elimina_file_e_cartelle():
 os.remove(os.path.join("cartella1", "file1.txt"))

 os.rmdir("cartella1")

 os.remove(os.path.join("cartella2", "file2.txt"))

```

```

os.rmdir("cartella2") ⑫

def sposta_file():
 crea_cartelle_e_file()

 shutil.move(os.path.join("cartella2", "file2.txt"), os.path.join("cartella1", "file2.txt")) ⑬

 if os.path.exists(os.path.join("cartella1", "file2.txt")):
 print("Spostamento riuscito!") ⑭

 else:
 print("Spostamento fallito.") ⑮

 elimina_file_e_cartelle()

Esempio di utilizzo
crea_cartelle_e_file()
sposta_file()

```

- ① Importa il modulo `os`.
- ② Importa il modulo `shutil`.
- ③ Crea la prima cartella, se non esiste già.
- ④ Crea un file all'interno della prima cartella.
- ⑤ Scrive del testo nel file della prima cartella.
- ⑥ Crea la seconda cartella, se non esiste già.
- ⑦ Crea un file all'interno della seconda cartella.
- ⑧ Scrive del testo nel file della seconda cartella.
- ⑨ Cancella il file nella prima cartella.
- ⑩ Cancella la prima cartella.
- ⑪ Cancella il file nella seconda cartella.
- ⑫ Cancella la seconda cartella.
- ⑬ Sposta il file dalla seconda cartella alla prima cartella.
- ⑭ Verifica se lo spostamento è riuscito.
- ⑮ Stampa un messaggio di errore se lo spostamento fallisce.

## 17.57. Espressioni regolari

### 17.57.1. Verifica di indirizzi email

## 17.58. Problema

Scrivere una funzione che verifica se una stringa è un indirizzo email valido utilizzando le espressioni regolari.

## 17.59. Soluzione

```
import re ①

def verifica_email(email):
 pattern = r'^[a-zA-Z0-9_+@-]+@[a-zA-Z0-9-]+\.[a-zA-Z0-9-]+\.$' ②

 if re.match(pattern, email): ③
 return True ④

 else:
 return False ⑤

Esempio di utilizzo
email1 = "esempio@test.com"
email2 = "invalid-email"

print(verifica_email(email1)) # Output: True
print(verifica_email(email2)) # Output: False
```

- ① Importa il modulo `re`.
- ② Definisce il pattern per un indirizzo email.
- ③ Verifica se la stringa `email` corrisponde al pattern.
- ④ Restituisce `True` se l'indirizzo email è valido.
- ⑤ Restituisce `False` se l'indirizzo email non è valido.

### 17.59.1. Estrazione di numeri di telefono

## 17.60. Problema

Scrivere una funzione che estrae tutti i numeri di telefono da una stringa utilizzando le espressioni regolari.

## 17.61. Soluzione

```
import re ①

def estrai_numeri_telefono(testo):
 pattern = r'\b\d{3}[-.]?\d{3}[-.]?\d{4}\b' ②

 numeri = re.findall(pattern, testo) ③

 return numeri ④

Esempio di utilizzo
testo = "Contattaci al 123-456-7890 o 098.765.4321."
```

```
print(estrai_numeri_telefono(testo)) # Output: ['123-456-7890', '098.765.4321']
```

- ① Importa il modulo `re`.
- ② Definisce il pattern per un numero di telefono.
- ③ Trova tutti i numeri di telefono nel testo.
- ④ Restituisce la lista dei numeri di telefono trovati.

## 17.62. Interazione con SQLite3

### 17.62.1. Creazione di un database e una tabella

## 17.63. Problema

Scrivere una funzione che crea un database SQLite e una tabella chiamata `utenti` con tre colonne: `id`, `nome` e `email`.

## 17.64. Soluzione

```
import sqlite3 ①

def crea_database(nome_db):
 conn = sqlite3.connect(nome_db) ②

 c = conn.cursor() ③

 c.execute('''CREATE TABLE utenti (id INTEGER PRIMARY KEY, nome TEXT, email TEXT)''') ④

 conn.commit() ⑤

 conn.close() ⑥

Esempio di utilizzo
crea_database("esempio.db")
```

- ① Importa il modulo `sqlite3`.
- ② Connette al database (crea il database se non esiste).
- ③ Crea un cursore per eseguire comandi SQL.
- ④ Esegue il comando SQL per creare la tabella `utenti`.
- ⑤ Salva le modifiche.
- ⑥ Chiude la connessione al database.

### 17.64.1. Inserimento di dati nella tabella

## 17.65. Problema

Scrivere una funzione che inserisce un nuovo utente nella tabella `utenti`.

## 17.66. Soluzione

```
import sqlite3 ①

def inserisci_utente(nome_db, nome, email): ②
 conn = sqlite3.connect(nome_db) ③

 c = conn.cursor() ④

 c.execute('INSERT INTO utenti (nome, email) VALUES (?, ?)', (nome, email)) ⑤

 conn.commit() ⑥

 conn.close()

Esempio di utilizzo
inserisci_utente("esempio.db", "Mario Rossi", "mario.rossi@example.com")
```

- ① Importa il modulo `sqlite3`.
- ② Connette al database.
- ③ Crea un cursore per eseguire comandi SQL.
- ④ Esegue il comando SQL per inserire un nuovo utente.
- ⑤ Salva le modifiche.
- ⑥ Chiude la connessione al database.

### 17.66.1. Lettura di dati dalla tabella

## 17.67. Problema

Scrivere una funzione che legge tutti gli utenti dalla tabella `utenti` e li stampa.

## 17.68. Soluzione

```
import sqlite3 ①

def leggi_utenti(nome_db): ②
 conn = sqlite3.connect(nome_db)
```

```

c = conn.cursor() ③

c.execute('SELECT * FROM utenti') ④

utenti = c.fetchall() ⑤

for utente in utenti: ⑥
 print(utente) ⑦

conn.close() ⑧

Esempio di utilizzo
leggi_utenti("esempio.db")

```

- ① Importa il modulo `sqlite3`.
- ② Connette al database.
- ③ Crea un cursore per eseguire comandi SQL.
- ④ Esegue il comando SQL per selezionare tutti gli utenti.
- ⑤ Recupera tutti i risultati della query.
- ⑥ Itera attraverso i risultati.
- ⑦ Stampa ogni utente.
- ⑧ Chiude la connessione al database.

### 17.68.1. Aggiornamento di dati nella tabella

## 17.69. Problema

Scrivere una funzione che aggiorna l'email di un utente nella tabella `utenti`.

## 17.70. Soluzione

```

import sqlite3 ①

def aggiorna_email(nome_db, id_utente, nuova_email):
 conn = sqlite3.connect(nome_db) ②

 c = conn.cursor() ③

 c.execute('UPDATE utenti SET email = ? WHERE id = ?', (nuova_email, id_utente)) ④

 conn.commit() ⑤

 conn.close() ⑥

```

```
Esempio di utilizzo
aggiorna_email("esempio.db", 1, "nuovo.email@example.com")
```

- ① Importa il modulo `sqlite3`.
- ② Connette al database.
- ③ Crea un cursore per eseguire comandi SQL.
- ④ Esegue il comando SQL per aggiornare l'email dell'utente con l'ID specificato.
- ⑤ Salva le modifiche.
- ⑥ Chiude la connessione al database.

### 17.70.1. Eliminazione di dati dalla tabella

## 17.71. Problema

Scrivere una funzione che elimina un utente dalla tabella `utenti`.

## 17.72. Soluzione

```
import sqlite3 ①

def elimina_utente(nome_db, id_utente):
 conn = sqlite3.connect(nome_db) ②

 c = conn.cursor() ③

 c.execute('DELETE FROM utenti WHERE id = ?', (id_utente,)) ④

 conn.commit() ⑤

 conn.close() ⑥

Esempio di utilizzo
elimina_utente("esempio.db", 1)
```

- ① Importa il modulo `sqlite3`.
- ② Connette al database.
- ③ Crea un cursore per eseguire comandi SQL.
- ④ Esegue il comando SQL per eliminare l'utente con l'ID specificato.
- ⑤ Salva le modifiche.
- ⑥ Chiude la connessione al database.



## 18. Esercitazione 1: analisi di un dataset di vendite

### 18.1. Il problema

In questa esercitazione, analizzeremo i dati di vendita di un negozio utilizzando pandas per la manipolazione dei dati e Matplotlib per la visualizzazione. Impareremo a gestire i dati mancanti, filtrare e raggruppare i dati, e creare grafici significativi.

Obiettivo:

1. Caricare un dataset CSV in un `DataFrame` pandas.
2. Gestire i dati mancanti nel dataset.
3. Effettuare operazioni di filtro e raggruppamento sui dati.
4. Creare grafici per visualizzare i dati analizzati.

Dataset da salvare in un file di testo `esercitazione-uno-vendite.csv`:

```
id,prodotto,categoria,prezzo,quantità,data_vendita,venditore
1,Notebook X200,Elettronica,1200.5,2,2023-01-15,Anna
2,Smartphone Y7,Elettronica,700.0,1,2023-01-17,Marco
3,Tablet Z10,Elettronica,300.0,3,2023-01-20,Sara
4,Notebook X200,Elettronica,1200.5,1,2023-01-22,Anna
5,Smartphone Y7,Elettronica,700.0,2,2023-01-25,Marco
6,TV Ultra HD 55",Elettrodomestici,800.0,1,2023-01-30,Anna
7,Lavatrice 7kg,Elettrodomestici,500.0,1,2023-02-02,Sara
8,Frigorifero 300L,Elettrodomestici,600.0,1,2023-02-10,Marco
9,Notebook X200,Elettronica,1200.5,1,2023-02-12,Anna
10,Smartphone Y7,Elettronica,700.0,1,2023-02-15,Marco
11,Tablet Z10,Elettronica,300.0,2,2023-02-20,Sara
12,TV Ultra HD 55",Elettrodomestici,800.0,1,2023-02-25,Anna
```

### 18.2. Introduzione a pandas

Pandas è una libreria Python potente e flessibile per l'analisi e la manipolazione dei dati. Questa introduzione copre alcuni dei comandi principali che è utile conoscere, inclusa la manipolazione di file Excel.

#### 18.2.1. Installazione

Prima di tutto, installiamo pandas (e numpy, che è una dipendenza):

```
pip install pandas numpy openpyxl
```

### 18.2.2. Importazione della libreria

```
import pandas as pd
import numpy as np
```

①  
②

- ① Importa la libreria pandas.
- ② Importa la libreria numpy, spesso utilizzata insieme a pandas.

### 18.2.3. Il DataFrame

Un **DataFrame** è una struttura dati bidimensionale con dati allineati in righe e colonne. Ogni colonna può contenere dati di tipo diverso (numeri, stringhe, ecc.).

Puoi inizializzare un **DataFrame** utilizzando dizionari, liste di liste, liste di dizionari, array numpy, file CSV, file Excel, ecc.

Esempio di inizializzazione da dizionario:

```
import pandas as pd

data = {'Nome': ['Alice', 'Bob', 'Charlie'], 'Età': [25, 30, 35]}

df = pd.DataFrame(data)

print(df)
```

①  
②

- ① Creazione di un **DataFrame** da un dizionario.
- ② Stampa del **DataFrame**:

	Nome	Età
0	Alice	25
1	Bob	30
2	Charlie	35

Esempio di inizializzazione da CSV:

```
df = pd.read_csv('data.csv')

print(df.head())
```

①  
②

- ① Lettura di un file CSV.
- ② Visualizza le prime 5 righe del **DataFrame**.

Esempio di inizializzazione da Excel:

```
df_excel = pd.read_excel('data.xlsx')

print(df_excel.head())
```

①  
②

- ① Lettura di un file Excel.
- ② Visualizza le prime 5 righe del DataFrame.

### 18.2.4. Ispezione

Puoi ispezionare le righe e le colonne di un DataFrame utilizzando vari metodi come `.head()`, `.tail()`, `.loc[]`, e `.iloc[]`.

Esempio:

```
print(df.head()) ①
print(df['Nome']) ②
print(df.loc[0]) ③
print(df.iloc[1]) ④
```

- ① Stampa delle prime righe del DataFrame:

	Nome	Età
0	Alice	25
1	Bob	30
2	Charlie	35

- 2. Stampa della colonna `Nome`:

```
0 Alice
1 Bob
2 Charlie
Name: Nome, dtype: object
```

- 3. Stampa della prima riga utilizzando l'etichetta:

```
Nome Alice
Età 25
Name: 0, dtype: object
```

- 4. Stampa della seconda riga utilizzando l'indice:

```
Nome Bob
Età 30
Name: 1, dtype: object
```

### 18.2.5. Filtri, raggruppamenti, pivot

Puoi filtrare, raggruppare e pivotare i dati utilizzando metodi come `.query()`, `.groupby()`, e `.pivot_table()`.

Esempio:

```
df_filtrato = df[df['Età'] > 25] ①
print(df_filtrato) ②

df_gruppato = df.groupby('Età').size() ③
print(df_gruppato) ④

pivot_data = {'A': ['foo', 'foo', 'foo', 'bar', 'bar', 'bar'],
 'B': ['one', 'one', 'two', 'two', 'one', 'one'],
 'C': [1, 3, 2, 5, 4, 6]}

df_pivot = pd.DataFrame(pivot_data) ⑤

pivot_table = df_pivot.pivot_table(values='C', index='A', columns='B', aggfunc='sum') ⑥
print(pivot_table) ⑦
```

① Filtro delle righe dove l'età è maggiore di 25.

② Stampa del `DataFrame` filtrato:

	Nome	Età
1	Bob	30
2	Charlie	35

3. Raggruppamento per colonna `Età`.

4. Stampa del `DataFrame` raggruppato:

```
Età
25 1
30 1
35 1
dtype: int64
```

5. Creazione di un `DataFrame` di esempio per il pivot.

6. Creazione di una pivot table.

7. Stampa della pivot table:

	one	two
A		
bar	10	5
foo	4	2

### 18.2.6. Modifica

Puoi modificare i dati di un `DataFrame` assegnando nuovi valori agli elementi, alle colonne o utilizzando metodi di modifica in-place.

Esempio:

```
df['Altezza'] = [165, 180, 175] ①
print(df) ②

df.loc[0, 'Età'] = 26 ③
print(df) ④
```

- ① Aggiunta di una nuova colonna 'Altezza'.
- ② Stampa del `DataFrame` modificato:

	Nome	Età	Altezza
0	Alice	25	165
1	Bob	30	180
2	Charlie	35	175

- 3. Modifica del valore dell'età per la prima riga.
- 4. Stampa del `DataFrame` modificato:

	Nome	Età	Altezza
0	Alice	26	165
1	Bob	30	180
2	Charlie	35	175

### 18.2.7. Salvataggio

Puoi salvare un `DataFrame` in vari formati di file, come CSV, Excel, JSON, ecc., utilizzando metodi come `.to_csv()`, `.to_excel()`, `.to_json()`.

```
df.to_csv('data.csv', index=False) ①

df.to_excel('data.xlsx', index=False) ②

df.to_json('data.json') ③
```

- ① Salvataggio del `DataFrame` in un file CSV senza includere gli indici.
- ② Salvataggio del `DataFrame` in un file Excel senza includere gli indici.
- ③ Salvataggio del `DataFrame` in un file JSON.

## 18.3. La soluzione

Passaggi di soluzione:

1. Creiamo il file CSV fornito e carichiamolo in un `DataFrame` pandas.
2. Controlliamo se ci sono valori mancanti nel dataset.
3. Filtriamo le vendite del prodotto `Notebook X200` e visualizziamo il risultato.
4. Raggruppiamo le vendite per venditore e calcoliamo la somma totale delle quantità vendute per ciascun venditore.
5. Creiamo una tabella pivot per vedere le vendite per data e prodotto.
6. Utilizziamo Matplotlib per creare un grafico a linee delle vendite totali per ciascun mese.

### 18.3.1. Passaggio 1: caricamento del dataset

Carichiamo le librerie necessarie:

```
import pandas as pd ①
import matplotlib.pyplot as plt ②
```

- ① Importa la libreria Pandas per la manipolazione dei dati.
- ② Importa la libreria Matplotlib per la visualizzazione dei dati.

Carichiamo il dataset:

```
df_vendite = pd.read_csv('esercitazione-uno-vendite.csv') ①
```

- ① Carica il dataset dal file CSV `esercitazione-uno-vendite.csv`.

### 18.3.2. Passaggio 2: gestione dei dati mancanti

Controlliamo se ci sono valori mancanti e rimuoviamo le righe con valori mancanti:

```
print(df_vendite.isnull().sum()) ①
df_vendite_ripulito = df_vendite.dropna() ②
```

- ① Stampa il conteggio dei valori mancanti per ciascuna colonna.
- ② Rimuove le righe con valori mancanti dal `DataFrame`.

### 18.3.3. Passaggio 3: operazioni di filtro

Filtriamo le vendite del prodotto `Notebook X200`:

```
vendite_notebook_x200 = df_vendite_ripulito[
 df_vendite_ripulito['prodotto'] == 'Notebook X200'] ①
print(vendite_notebook_x200) ②
```

- ① Filtra il `DataFrame` per il prodotto `Notebook X200`.
- ② Stampa le vendite del prodotto `Notebook X200`.

### 18.3.4. Passaggio 4: operazioni di raggruppamento e somma

L'operazione di group by in pandas permette di raggruppare i dati in base a una o più colonne, e quindi applicare una funzione di aggregazione su ciascun gruppo. Questo è utile quando si vuole calcolare statistiche aggregate, come somme, medie, conteggi, ecc., per ciascun gruppo di dati.

Ad esempio, se si dispone di un dataset delle vendite, è possibile raggruppare i dati per **venditore** e calcolare la somma delle **quantità** vendute da ciascun venditore. Questo può fornire una visione chiara delle prestazioni di ciascun venditore.

Raggruppiamo per venditore e calcoliamo la somma delle quantità vendute:

```

vendite_per_venditore = df_vendite_ripulito.groupby('venditore')['quantità'].sum() ①
print(vendite_per_venditore) ②

```

- ① Raggruppa i dati per venditore e calcola la somma delle quantità vendute.
- ② Stampa la somma delle quantità vendute per ciascun venditore.

### 18.3.5. Passaggio 5: operazione di pivot

L'operazione di pivot in pandas permette di trasformare i dati rendendoli più comprensibili e facili da analizzare. Una tabella pivot ruota i dati in modo da creare una nuova tabella in cui le righe e le colonne rappresentano diverse dimensioni dei dati. In particolare, è possibile specificare quali valori devono essere visualizzati come righe, quali come colonne, e quale funzione di aggregazione applicare ai dati.

Ad esempio, in un dataset delle vendite, è possibile creare una tabella pivot che mostra le **quantità** vendute per **data\_vendita** e **prodotto**. Questo può aiutare a visualizzare come le vendite di ciascun prodotto cambiano nel tempo.

Creiamo una tabella pivot per vedere le vendite per data e prodotto:

```

pivot_table_data_prodotto = df_vendite_ripulito.pivot_table(
 values='quantità',
 index='data_vendita',
 columns='prodotto',
 aggfunc='sum',
 fill_value=0) ①
print(pivot_table_data_prodotto) ②

```

- ① Crea una tabella pivot per visualizzare le vendite per data e prodotto.
- ② Stampa la tabella pivot delle vendite per data e prodotto.

### 18.3.6. Passaggio 6: visualizzazione con grafici

Creiamo un grafico a barre delle vendite per venditore:

## 18. Esercitazione 1: analisi di un dataset di vendite

```
vendite_per_venditore.plot(kind='bar') ①

plt.title('Vendite per Venditore') ②
plt.xlabel('Venditore') ③
plt.ylabel('Quantità Venduta') ④
plt.show() ⑤
```

- ① Crea un grafico a barre delle vendite per venditore.
- ② Imposta il titolo del grafico a barre.
- ③ Imposta l'etichetta dell'asse x del grafico a barre.
- ④ Imposta l'etichetta dell'asse y del grafico a barre.
- ⑤ Mostra il grafico a barre.

Creiamo un grafico a linee delle vendite totali per ciascun mese:

```
df_vendite_ripulito['data_vendita'] = pd.to_datetime(df_vendite_ripulito['data_vendita']) ①

df_vendite_ripulito.set_index('data_vendita', inplace=True) ②

vendite_mensili = df_vendite_ripulito.resample('M')['quantità'].sum() ③

vendite_mensili.plot(kind='line') ④

plt.title('Vendite Mensili Totali') ⑤
plt.xlabel('Mese') ⑥
plt.ylabel('Quantità Venduta') ⑦
plt.show() ⑧
```

- ① Converte la colonna `data_vendita` in un oggetto `datetime`.
- ② Imposta `data_vendita` come indice del `DataFrame`.
- ③ Raggruppa i dati per mese e calcola la somma delle quantità vendute.
- ④ Crea un grafico a linee delle vendite mensili.
- ⑤ Imposta il titolo del grafico a linee.
- ⑥ Imposta l'etichetta dell'asse x del grafico a linee.
- ⑦ Imposta l'etichetta dell'asse y del grafico a linee.
- ⑧ Mostra il grafico a linee.

### 18.4. File

CSV vendite: [scarica](#)

File Python completo: [scarica](#)

Marino notebook completo: [scarica](#)



## **Parte III.**

# **Terza parte: Python orientato agli oggetti**



# 19. Programmazione orientata agli oggetti

Python è un linguaggio di programmazione orientato agli oggetti. A differenza di altri linguaggi orientati agli oggetti, tuttavia, Python non costringe ad utilizzare esclusivamente il paradigma orientato agli oggetti: supporta anche la programmazione procedurale, con moduli e funzioni, consentendo di scegliere il miglior paradigma per ogni parte del programma.

Il paradigma orientato agli oggetti aiuta a raggruppare stato (dati) e comportamento (codice) in comode unità di funzionalità. Inoltre, offre alcuni meccanismi specializzati utili, come l'ereditarietà e i metodi speciali. L'approccio procedurale più semplice, basato su moduli e funzioni, può essere più adatto quando non è necessario sfruttare i vantaggi della programmazione orientata agli oggetti. Con Python, possiamo combinare e mescolare paradigmi.

## 19.1. Classi e istanze

Una classe è un tipo definibile dall'utente, che possiamo istanziare per costruire istanze, ovvero oggetti di quel tipo. Python supporta questo attraverso le sue classi e oggetti istanza.

### 19.1.1. L'istruzione `class`

L'istruzione `class` è il modo più usuale per definire un oggetto classe. `class` è un'istruzione composta a singola clausola con la seguente sintassi:

```
class NomeClasse(classi-base, *, **kw):
 istruzione(i)
```

①

②

- ① Testata della definizione di classe: `NomeClasse` è un identificatore, cioè una variabile che la definizione `class`, quando completata, associa (o riassocia) all'oggetto classe appena creato. Le convenzioni di denominazione Python consigliano di utilizzare la convenzione del cammello per i nomi delle classi, come `Elemento`, `UtentePrivilegiato`, `StrutturaMultiUso`, ecc. `classi-base` è una serie di espressioni delimitate da virgole i cui valori sono oggetti classe. Vari linguaggi di programmazione utilizzano nomi diversi per questi oggetti classe: possiamo chiamarli basi, superclasse o genitori della classe. Possiamo dire che la classe creata eredita da, deriva da, estende o sottoclasse le sue classi base; in questo capitolo, generalmente usiamo il termine estendere. Questa classe è una sottoclasse diretta o discendente delle sue classi base. `**kw` può includere un argomento denominato `metaclass` per stabilire la metaclass della classe.
- ② Corpo della definizione della classe composto di istruzioni di definizione di membri della classe. Queste possono includere la definizione di attributi, metodi e altre classi.

La definizione di una classe crea un oggetto classe, proprio come la definizione di una funzione crea un oggetto funzione. L'oggetto classe ha tipo `type`, da non confondere con la funzione predefinita `type()`. Quando si chiama una classe come se fosse una funzione, avviene l'istanziamento, che crea un nuovo oggetto istanza della classe con un tipo corrispondente alla classe stessa.

Esempio di definizione di una classe:

```

class MiaClasse: ①
 def __init__(self, valore): ②
 self.valore = valore ③

istanza = MiaClasse(10) ④

print(type(MiaClasse)) ⑤
print(type(istanza)) ⑥

```

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
- ② Definisce il metodo speciale `__init__` per l'inizializzazione.
- ③ Associa un valore all'attributo `valore` dell'istanza.
- ④ Crea un'istanza della classe `MiaClasse` con valore 10.
- ⑤ Stampa il tipo di `MiaClasse`, che sarà `<class 'type'>`.
- ⑥ Stampa il tipo di `istanza`, che sarà `<class '__main__.MiaClasse'>`.

### 19.1.2. Il parametro `self`

In Python, i metodi di istanza delle classi possono includere un parametro speciale `self` come primo parametro. Quando presente, `self` permette di passare al metodo l'istanza della classe, consentendo l'accesso agli attributi e ai metodi dell'istanza. La differenza fondamentale tra membri della classe e membri delle istanze è che i membri della classe sono condivisi tra tutte le istanze, mentre i membri delle istanze sono specifici per ciascuna istanza.

Esempio di membri della classe e membri delle istanze:

```

class MiaClasse: ①
 attributo_classe = "Valore di classe" ②

 def __init__(self, valore): ③
 self.attributo_istanza = valore ④

 def mostra_attributi(self): ⑤
 return f"Classe: {MiaClasse.attributo_classe}, Istanza: {self.attributo_istanza}" ⑥

Creazione di due istanze della classe
istanza1 = MiaClasse("Valore 1") ⑦
istanza2 = MiaClasse("Valore 2") ⑧

Accesso agli attributi della classe e delle istanze
print(MiaClasse.attributo_classe) ⑨
print(istanza1.attributo_classe) ⑩
print(istanza1.attributo_istanza) ⑪
print(istanza2.attributo_istanza) ⑫

Chiamata ai metodi delle istanze
print(istanza1.mostra_attributi()) ⑬
print(istanza2.mostra_attributi()) ⑭

```

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
- ② Definisce un attributo di classe `attributo_classe` con valore `Valore di classe`.
- ③ Definisce il metodo speciale `__init__` per l'inizializzazione.
- ④ Associa un valore all'attributo `attributo_istanza` dell'istanza.
- ⑤ Definisce un metodo `mostra_attributi` per mostrare gli attributi.
- ⑥ Il metodo `mostra_attributi` restituisce una stringa con gli attributi di classe e di istanza.
- ⑦ Crea un'istanza della classe `MiaClasse` con valore `Valore 1`.
- ⑧ Crea un'istanza della classe `MiaClasse` con valore `Valore 2`.
- ⑨ Stampa il valore dell'attributo di classe `attributo_classe`.
- ⑩ Stampa il valore dell'attributo di classe `attributo_classe` dall'istanza `istanza1`.
- ⑪ Stampa il valore dell'attributo di istanza `attributo_istanza` per `istanza1`.
- ⑫ Stampa il valore dell'attributo di istanza `attributo_istanza` per `istanza2`.
- ⑬ Chiama il metodo `mostra_attributi` sull'istanza `istanza1`.
- ⑭ Chiama il metodo `mostra_attributi` sull'istanza `istanza2`.

## 19.2. Membri

Un riferimento a un membro è un'espressione della forma `x.nome`, dove `x` è qualsiasi espressione e `nome` è un identificatore chiamato nome del membro. Molti oggetti Python hanno membri, ma un riferimento a un membro ha una semantica speciale e ricca quando `x` si riferisce a una classe o a un'istanza. I metodi sono membri, quindi tutto ciò che diciamo sui membri in generale si applica anche a quelli chiamabili (cioè, metodi).

Quando utilizziamo la sintassi `x.nome` per riferirci a un membro di un'istanza `x` di una classe `C`, la ricerca dell'attributo procede in tre passi:

1. Membro nell'istanza: Se `'nome'` è una chiave in `x.__dict__`, `x.nome` restituisce il valore associato a quella chiave. Questo è il caso più semplice e veloce.
2. Membro nella classe o nelle sue basi: Se `'nome'` non è una chiave in `x.__dict__`, la ricerca del membro procede nella classe di `x` (`x.__class__`) e nelle sue basi, seguendo l'ordine di risoluzione dei metodi (*method resolution order*, MRO).
3. Metodo `__getattr__`: Se l'attributo non è trovato né nell'istanza né nella classe e nelle sue basi, viene chiamato il metodo speciale `__getattr__`, se definito. Questo metodo può fornire un valore di ritorno per l'attributo o sollevare un'eccezione `AttributeError`.

Esempio di riferimento ai membri:

```
class Base: ①
 a = 23 ②

class Derivata(Base): ③
 b = 45 ④

d = Derivata() ⑤

d.c = 67 ⑥

print(d.a) ⑦
```

```
print(d.b)
print(d.c)
```

⑧

⑨

- ① Definizione della classe **Base**.
- ② L'attributo **a** della classe **Base** è associato al valore 23.
- ③ Definizione della classe **Derivata** che eredita da **Base**.
- ④ L'attributo **b** della classe **Derivata** è associato al valore 45.
- ⑤ Creazione di un'istanza della classe **Derivata**.
- ⑥ Associazione dell'attributo **c** dell'istanza **d** al valore 67.
- ⑦ Stampa del valore dell'attributo **a** dell'istanza **d**, trovato nella classe base. Output: 23.
- ⑧ Stampa del valore dell'attributo **b** dell'istanza **d**, trovato nella classe derivata. Output: 45.
- ⑨ Stampa del valore dell'attributo **c** dell'istanza **d**, trovato nell'istanza stessa. Output: 67.

In Python, un attributo o un metodo può essere membro di una classe o di un'istanza. La differenza fondamentale tra membri di classe e membri di istanza è che i membri di classe sono condivisi tra tutte le istanze, mentre i membri di istanza sono specifici per ciascuna istanza.

Esempio:

```
class Contatore:
 contatore_comune = 0

 def __init__(self, valore_iniziale=0):
 self.valore = valore_iniziale
 Contatore.contatore_comune += 1

 def incrementa(self):
 self.valore += 1

Membri di classe
print(Contatore.contatore_comune)

Creazione di due istanze
c1 = Contatore()
c2 = Contatore(10)

Membri di istanza
c1.incrementa()
c2.incrementa()

print(c1.valore)
print(c2.valore)

Membro di classe aggiornato
print(Contatore.contatore_comune)
```

①

②

③

④

⑤

⑥

⑦

⑧

⑨

⑩

⑪

⑫

⑬

⑭

⑮

- ① Definisce una classe **Contatore**.
- ② Definisce un attributo di classe **contatore\_comune** inizializzato a 0.
- ③ Definisce il metodo speciale **\_\_init\_\_** per l'inizializzazione.
- ④ Associa un valore iniziale all'attributo **valore** dell'istanza.

- ⑤ Incrementa l'attributo di classe `contatore_comune` ogni volta che viene creata una nuova istanza.
- ⑥ Definisce un metodo `incrementa` per incrementare l'attributo `valore` dell'istanza.
- ⑦ Incrementa l'attributo `valore` dell'istanza.
- ⑧ Stampa il valore dell'attributo di classe `contatore_comune`.
- ⑨ Creazione di un'istanza della classe `Contatore` con valore iniziale di default.
- ⑩ Creazione di un'istanza della classe `Contatore` con valore iniziale 10.
- ⑪ Incrementa il valore dell'attributo `valore` dell'istanza `c1`.
- ⑫ Incrementa il valore dell'attributo `valore` dell'istanza `c2`.
- ⑬ Stampa il valore dell'attributo `valore` dell'istanza `c1`. Output: 1.
- ⑭ Stampa il valore dell'attributo `valore` dell'istanza `c2`. Output: 11.
- ⑮ Stampa il valore dell'attributo di classe `contatore_comune`. Output: 2.

Questo esempio illustra come i membri di classe siano condivisi tra tutte le istanze, mentre i membri di istanza siano specifici per ciascuna istanza.

## 19.3. Oggetti

Una classe è un oggetto Python con le seguenti caratteristiche:

- La definizione di una classe crea un oggetto classe, proprio come la definizione di una funzione crea un oggetto funzione. L'oggetto classe ha tipo `type`, da non confondere con la funzione predefinita `type()`. Quando si chiama una classe come se fosse una funzione, avviene l'istanziamento, che crea un nuovo oggetto istanza della classe con un tipo corrispondente alla classe stessa.

Esempio:

```
class MiaClasse: ①
 def __init__(self, valore): ②
 self.valore = valore ③

istanza = MiaClasse(10) ④

print(type(MiaClasse)) ⑤
print(type(istanza)) ⑥
```

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
- ② Definisce il metodo speciale `__init__` per l'inizializzazione.
- ③ Associa un valore all'attributo `valore` dell'istanza.
- ④ Crea un'istanza della classe `MiaClasse` con valore 10.
- ⑤ Stampa il tipo di `MiaClasse`, che sarà `<class 'type'>`.
- ⑥ Stampa il tipo di `istanza`, che sarà `<class '__main__.MiaClasse'>`.

- Una classe ha membri con nomi arbitrari che possiamo associare e referenziare:

```
class MiaClasse: ①
 primo_attributo = "esempio" ②

print(MiaClasse.primo_attributo) ③
```

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
- ② Associa un attributo di classe `primo_attributo` con valore `esempio`.

③ Stampa il valore dell'attributo di classe `primo_attributo`.

- I membri della classe possono essere metodi (funzioni) o dati ordinari (variabili):

```
class MiaClasse: ①
 primo_attributo = "esempio" ②

 def primo_metodo(self): ③
 return "Ciao, mondo!" ④

print(MiaClasse.primo_attributo) ⑤

mia_istanza = MiaClasse() ⑥

print(mia_istanza.primo_metodo()) ⑦
print(MiaClasse.primo_metodo(mia_istanza)) ⑧
```

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
- ② Definisce un attributo di classe `primo_attributo` con valore `esempio`.
- ③ Definisce un metodo `primo_metodo` con un parametro `self`.
- ④ Il metodo `primo_metodo` restituisce una stringa `Ciao, mondo!`.
- ⑤ Stampa il valore dell'attributo di classe `primo_attributo`.
- ⑥ Crea un'istanza della classe `MiaClasse` e la associa a `mia_istanza`.
- ⑦ Chiama il metodo `primo_metodo` sull'istanza `mia_istanza`. Python passa automaticamente `mia_istanza` come argomento per `self`.
- ⑧ Chiama il metodo `primo_metodo` direttamente sulla classe `MiaClasse`, passando esplicitamente `mia_istanza` come argomento per `self`.

- Gli attributi della classe associati a funzioni sono noti anche come metodi della classe:

```
class MiaClasse: ①
 def primo_metodo(self): ②
 return "Questo è un metodo" ③

istanza = MiaClasse() ④

print(istanza.primo_metodo()) ⑤
```

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
- ② Definisce un metodo `primo_metodo`.
- ③ Il metodo `primo_metodo` restituisce una stringa `Questo è un metodo`.
- ④ Crea un'istanza della classe `MiaClasse`.
- ⑤ Chiama il metodo `primo_metodo` sull'istanza e stampa il risultato.

- Un metodo può avere uno dei tanti nomi definiti da Python con due trattini bassi all'inizio e alla fine (noti come nomi dunder, abbreviazione di “double-underscore names” - ad esempio, il nome `__init__` è pronunciato “dunder init”). Python chiama implicitamente questi metodi speciali, quando una classe li fornisce, quando si verificano vari tipi di operazioni su quella classe o sulle sue istanze.

```
class MiaClasse: ①
 def __init__(self, valore): ②
 self.valore = valore ③
```



```

def __str__(self):
 return f"MiaClasse con valore {self.valore}"

istanza = MiaClasse(10)

print(istanza)

```

④  
⑤  
⑥  
⑦

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
  - ② Definisce il metodo speciale `__init__` per l'inizializzazione.
  - ③ Associa un valore all'attributo `valore` dell'istanza.
  - ④ Definisce il metodo speciale `__str__` per la rappresentazione stringa.
  - ⑤ `__str__` restituisce una stringa rappresentativa dell'istanza.
  - ⑥ Crea un'istanza della classe `MiaClasse` con valore 10.
  - ⑦ Stampa la rappresentazione stringa dell'istanza, chiamando implicitamente `__str__`.
- Una classe può ereditare da una o più classi, il che significa che delega ad altri oggetti classe la ricerca di alcuni attributi (inclusi metodi regolari e dunder) che non sono nella classe stessa.

```

class ClasseBase:
 def metodo_base(self):
 return "Metodo base"

class ClasseDerivata(ClasseBase):
 def metodo_derivato(self):
 return "Metodo derivato"

istanza = ClasseDerivata()

print(istanza.metodo_base())
print(istanza.metodo_derivato())

```

①  
②  
③  
④  
⑤  
⑥  
⑦  
⑧  
⑨

- ① Definisce una classe `ClasseBase`.
- ② Definisce un metodo `metodo_base`.
- ③ `metodo_base` restituisce una stringa "Metodo base".
- ④ Definisce una classe `ClasseDerivata` che eredita da `ClasseBase`.
- ⑤ Definisce un metodo `metodo_derivato`.
- ⑥ `metodo_derivato` restituisce una stringa "Metodo derivato".
- ⑦ Crea un'istanza della classe `ClasseDerivata`.
- ⑧ Chiama il metodo `metodo_base` ereditato dall'istanza e stampa il risultato.
- ⑨ Chiama il metodo `metodo_derivato` dell'istanza e stampa il risultato.

Un'istanza di una classe è un oggetto Python con attributi con nomi arbitrari che possiamo associare e referenziare. Ogni oggetto istanza delega la ricerca degli attributi alla sua classe per qualsiasi attributo non trovato nell'istanza stessa. La classe, a sua volta, può delegare la ricerca alle classi da cui eredita, se presenti.

```

class MiaClasse:
 def __init__(self, valore):
 self.valore = valore

istanza = MiaClasse(10)

```

①  
②  
③  
④

```
print(istanza.valore)
```

⑤

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
- ② Definisce il metodo speciale `__init__` per l'inizializzazione.
- ③ Associa un valore all'attributo `valore` dell'istanza.
- ④ Crea un'istanza della classe `MiaClasse` con valore 10.
- ⑤ Stampa il valore dell'attributo `valore` dell'istanza.

In Python, le classi sono oggetti (valori), gestiti proprio come altri oggetti. Possiamo passare una classe come argomento in una chiamata a una funzione e una funzione può restituire una classe come risultato di una chiamata. Possiamo associare una classe a una variabile, a un elemento in un contenitore o a un attributo di un oggetto. Le classi possono anche essere chiavi in un dizionario. Poiché le classi sono oggetti perfettamente ordinari in Python, spesso diciamo che le classi sono oggetti di prima classe.

```
def crea_classe():
 class NuovaClasse:
 pass

 return NuovaClasse
```

①

②

③

④

```
MiaClasse = crea_classe()
```

⑤

```
istanza = MiaClasse()
```

⑥

```
print(type(istanza))
```

⑦

- ① Definisce una funzione `crea_classe`.
- ② Definisce una classe `NuovaClasse` all'interno della funzione.
- ③ `pass` indica che il corpo della classe è vuoto.
- ④ Restituisce la classe `NuovaClasse`.
- ⑤ Chiama la funzione `crea_classe` e associa la classe risultante a `MiaClasse`.
- ⑥ Crea un'istanza della classe `MiaClasse`.
- ⑦ Stampa il tipo dell'istanza, che sarà `<class ' __main__.crea_classe.<locals>.NuovaClasse'>`.

## 19.4. Il corpo della classe

Il corpo di una classe è dove normalmente specifichiamo i membri della classe; questi membri possono essere funzioni o oggetti dati ordinari di qualsiasi tipo. Un membro di una classe può essere un'altra classe, quindi, ad esempio, possiamo avere una dichiarazione di classe *annidata* all'interno di un'altra definizione di classe.

### 19.4.1. Attributi degli oggetti classe

Di solito specifichiamo un membro di un oggetto classe associando un valore a un identificatore all'interno del corpo della classe. Per esempio:

```
class C1: ①
 x = 23 ②

print(C1.x) ③
```

- ① Definizione della classe C1.
- ② L'attributo x della classe C1 è associato al valore 23.
- ③ Stampa del valore dell'attributo x della classe C1.

Possiamo anche associare o disassociare membri della classe al di fuori del corpo della classe. Per esempio:

```
class C2: ①
 pass ②

C2.x = 23 ③

print(C2.x) ④
```

- ① Definizione della classe C2.
- ② Corpo della classe vuoto.
- ③ Associazione dell'attributo x della classe C2 al valore 23.
- ④ Stampa del valore dell'attributo x della classe C2.

Il nostro programma è solitamente più leggibile se associamo attributi della classe solo con istruzioni all'interno del corpo della classe. Tuttavia, riassociarli altrove può essere necessario se vogliamo mantenere informazioni di stato a livello di classe, piuttosto che a livello di istanza; Python ci permette di farlo, se lo desideriamo. Non c'è differenza tra un attributo di classe associato nel corpo della classe e uno associato o riassociato al di fuori del corpo associando un attributo. Come discuteremo a breve, tutte le istanze della classe condividono tutti gli attributi della classe.

L'istruzione della classe implicitamente imposta alcuni attributi della classe. L'attributo `__name__` è la stringa dell'identificatore NomeClasse utilizzato nella dichiarazione della classe. L'attributo `__bases__` è la tupla di oggetti classe forniti (o impliciti) come classi base nella dichiarazione della classe. Per esempio, utilizzando la classe C1 appena creata:

```
print(C1.__name__, C1.__bases__) ①
```

- ① Stampa del nome della classe e delle classi base.

Una classe ha anche un attributo chiamato `__dict__`, che è la mappatura di sola lettura che la classe utilizza per mantenere altri attributi (noto anche, informalmente, come spazio dei nomi della classe).

Nelle istruzioni direttamente nel corpo di una classe, i riferimenti ai membri della classe devono utilizzare un nome semplice, non un nome completamente qualificato. Per esempio:

```
class C3: ①
 x = 23 ②
 y = x + 22 ③

print(C3.y) ④
```

## 19. Programmazione orientata agli oggetti

- ① Definizione della classe **C3**.
- ② L'attributo **x** della classe **C3** è associato al valore 23.
- ③ L'attributo **y** della classe **C3** è associato alla somma di **x** e 22.
- ④ Stampa del valore dell'attributo **y** della classe **C3**.

Tuttavia, nelle istruzioni all'interno dei metodi definiti in un corpo di classe, i riferimenti agli attributi della classe devono utilizzare un nome completamente qualificato, non un nome semplice. Per esempio:

```
class C4: ①
 x = 23 ②

 def metodo(self): ③
 print(C4.x) ④

c = C4() ⑤

c.metodo() ⑥
```

- ① Definizione della classe **C4**.
- ② L'attributo **x** della classe **C4** è associato al valore 23.
- ③ Definizione di un metodo della classe **C4**.
- ④ Stampa del valore dell'attributo **x** della classe **C4**.
- ⑤ Creazione di un'istanza della classe **C4**.
- ⑥ Chiamata del metodo dell'istanza **c**.

### 19.4.2. Definizioni di funzioni nel corpo di una classe

La maggior parte dei corpi delle classi include alcune istruzioni **def**, poiché le funzioni (note come metodi in questo contesto) sono importanti membri per la maggior parte delle istanze delle classi. Un'istruzione **def** in un corpo di classe obbedisce alle regole viste per le funzioni ordinarie.

Ecco un esempio di una classe che include una definizione di metodo:

```
class C5: ①
 def ciao(self): ②
 print('Ciao') ③

c = C5() ④

c.ciao() ⑤
```

- ① Definizione della classe **C5**.
- ② Definizione di un metodo della classe **C5**.
- ③ Stampa del messaggio **Ciao**.
- ④ Creazione di un'istanza della classe **C5**.
- ⑤ Chiamata del metodo **ciao()** dell'istanza **c**.

### 19.4.3. Variabili private della classe

Quando un'istruzione in un corpo di classe (o in un metodo nel corpo) utilizza un identificatore che inizia (ma non termina) con due trattini bassi, come `__ident`, Python cambia implicitamente l'identificatore in `__NomeClasse__ident`, dove `NomeClasse` è il nome della classe. Questo cambiamento implicito consente a una classe di utilizzare nomi *privati* per attributi, metodi, variabili globali e altri scopi, riducendo il rischio di duplicare accidentalmente i nomi utilizzati altrove (particolarmente nelle sottoclassi).

Per convenzione, gli identificatori che iniziano con un trattino basso sono considerati privati all'ambito che li associa, che tale ambito sia o meno una classe. Il compilatore Python non impone questa convenzione di privacy: è responsabilità dei programmatori rispettarla.

Esempio:

```
class MiaClasse:
 def __init__(self, valore):
 self.__valore = valore

 def visualizza_valore(self):
 return self.__valore

 def __metodo_privato(self):
 return "Questo è un metodo privato"

istanza = MiaClasse(10)

print(istanza.visualizza_valore())

try:
 print(istanza.__valore)

except Exception as e:
 print(e)

print(istanza._MiaClasse__valore)

try:
 print(istanza.__metodo_privato())

except Exception as e:
 print(e)

print(istanza._MiaClasse__metodo_privato())
```

- ① Definisce una classe `MiaClasse`.
- ② Definisce il metodo speciale `__init__` per l'inizializzazione.
- ③ Utilizza un attributo con due trattini bassi all'inizio, che verrà trasformato in `_MiaClasse__valore`.
- ④ Definisce un metodo `visualizza_valore`.
- ⑤ Il metodo `visualizza_valore` restituisce l'attributo `__valore`.
- ⑥ Definisce un metodo privato `__metodo_privato`.
- ⑦ Il metodo `__metodo_privato` restituisce una stringa.

## 19. Programmazione orientata agli oggetti

- ⑧ Crea un'istanza della classe `MiaClasse` con valore 10.
- ⑨ Chiama il metodo `visualizza_valore` sull'istanza e stampa il risultato. Output: 10.
- ⑩ Il tentativo di accedere direttamente all'attributo `__valore` genera un errore. Output: `'MiaClasse' object has no attribute '__valore'`.
- ⑪ Accede all'attributo `__valore` utilizzando il nome modificato `_MiaClasse__valore`. Output: 10.
- ⑫ Il tentativo di chiamare direttamente il metodo `__metodo_privato` genera un errore. Output: `'MiaClasse' object has no attribute '__metodo_privato'`.
- ⑬ Chiama il metodo privato `__metodo_privato` utilizzando il nome modificato `_MiaClasse__metodo_privato`. Output: Questo è un metodo privato.

In questo esempio, l'attributo `__valore` e il metodo `__metodo_privato` sono “rinominati” da Python per evitare conflitti di nomi, rendendoli più difficili da accedere accidentalmente. Tuttavia, questo non rende gli attributi o i metodi veramente privati, poiché possono ancora essere accessibili utilizzando il nome modificato. Quindi, l'uso del doppio trattino basso è una convenzione per indicare che un attributo o metodo è destinato all'uso interno della classe, non un meccanismo di sicurezza.

### 19.4.4. Stringhe di documentazione della classe

Se la prima istruzione nel corpo della classe è un letterale stringa, il compilatore associa quella stringa come stringa di documentazione (o docstring) per la classe. La docstring per la classe è disponibile nell'attributo `__doc__`; se la prima istruzione nel corpo della classe non è un letterale stringa, il suo valore è `None`.

Esempio di docstring di una classe:

```
class C6: ①
 """Questa è una classe di esempio.""" ②

 def metodo(self): ③
 pass ④

print(C6.__doc__) ⑤
```

- ① Definizione della classe `C6`.
- ② Stringa di documentazione della classe `C6`.
- ③ Definizione di un metodo della classe `C6`.
- ④ Corpo del metodo vuoto.
- ⑤ Stampa della docstring della classe `C6`.

## 19.5. Istanze

Per creare un'istanza di una classe, chiamiamo l'oggetto classe come se fosse una funzione. Ogni chiamata restituisce una nuova istanza il cui tipo è quella classe:

```
un_istanza = C5() ①
```

- ① Creazione di un'istanza della classe `C5`.

La funzione predefinita `isinstance(i, C)`, con una classe come argomento `C`, restituisce `True` quando `i` è un'istanza della classe `C` o di qualsiasi sottoclasse di `C`. Altrimenti, `isinstance` restituisce `False`. Se `C` è una tupla di tipi (o più tipi uniti utilizzando l'operatore `|`), `isinstance` restituisce `True` se `i` è un'istanza o sottoclasse di uno dei tipi dati, e `False` altrimenti.

### 19.5.1. `__init__`

Quando una classe definisce o eredita un metodo chiamato `__init__`, chiamare l'oggetto classe esegue `__init__` sulla nuova istanza per eseguire l'inizializzazione per istanza. Gli argomenti passati nella chiamata devono corrispondere ai parametri di `__init__`, eccetto per il parametro `self`. Per esempio, consideriamo la seguente definizione di classe:

```
class C6:
 def __init__(self, n):
 self.x = n

un_altra_istanza = C6(42)
```

- ① Definizione della classe `C6`.
- ② Definizione del metodo `__init__` con il parametro `n`.
- ③ Associazione dell'attributo `x` al valore del parametro `n`.
- ④ Creazione di un'istanza della classe `C6` con il valore 42 per il parametro `n`.

Il metodo `__init__` di solito contiene istruzioni che associano attributi di istanza. Un metodo `__init__` non deve restituire un valore diverso da `None`; se lo fa, Python solleva un'eccezione `TypeError`.

### 19.5.2. Membri degli oggetti istanza

Una volta creata un'istanza, possiamo accedere ai suoi membri (dati e metodi) utilizzando l'operatore punto `..`

```
un_istanza.ciao()

print(un_altra_istanza.x)
```

- ① Chiamata del metodo `ciao` dell'istanza `un_istanza`.
- ② Stampa del valore dell'attributo `x` dell'istanza `un_altra_istanza`.

Possiamo dare a un oggetto istanza un attributo associando un valore a un riferimento di attributo.

```
class C7:
 pass

z = C7()

z.x = 23

print(z.x)
```

- ① Definizione della classe `C7`.
- ② Corpo della classe vuoto.
- ③ Creazione di un'istanza della classe `C7`.
- ④ Associazione dell'attributo `x` dell'istanza `z` al valore `23`.
- ⑤ Stampa del valore dell'attributo `x` dell'istanza `z`.

## 19.6. Metodi vincolati e non vincolati

Il metodo `__get__` di un oggetto funzione può restituire l'oggetto funzione stesso o un oggetto metodo vincolato che avvolge la funzione; un metodo vincolato è associato all'istanza specifica da cui è ottenuto. Un metodo vincolato è un'istanza di un metodo che è legato a un oggetto particolare, il che significa che può essere chiamato senza dover passare l'oggetto come parametro. Al contrario, un metodo non vincolato non è legato a un'istanza e deve essere esplicitamente passato un oggetto come parametro.

Quando un metodo è chiamato su un'istanza di una classe, Python crea un metodo vincolato, che ha un riferimento implicito all'istanza, passato come il primo argomento `self`. Questo permette al metodo di accedere agli attributi e ad altri metodi della classe tramite `self`.

Esempio di metodo vincolato:

```
class C8: ①
 def saluta(self): ②
 print("Ciao!") ③

x = C8() ④

metodo_vincolato = x.saluta ⑤

metodo_vincolato() ⑥
```

- ① Definizione della classe `C8`.
- ② Definizione di un metodo della classe `C8` chiamato `saluta`.
- ③ Il metodo `saluta` stampa il

messaggio "Ciao!". 4. Creazione di un'istanza della classe `C8` e assegnazione a `x`. 5. Ottenimento di un metodo vincolato dall'istanza `x` e assegnazione a `metodo_vincolato`. Questo passo associa il metodo `saluta` all'istanza `x`, creando un metodo vincolato. 6. Chiamata del metodo vincolato. Questa chiamata è equivalente a `x.saluta()` e stampa "Ciao!".

Quando `metodo_vincolato` è chiamato, non c'è bisogno di passare `x` come argomento perché `x` è già legato al metodo vincolato. Questo è ciò che rende i metodi vincolati potenti e comodi da usare.

In contrasto, un metodo non vincolato può essere ottenuto dalla classe stessa. In tal caso, è necessario passare esplicitamente l'istanza come primo argomento.

Esempio di metodo non vincolato:

```
metodo_non_vincolato = C8.saluta ①

metodo_non_vincolato(x) ②
```



- ① Ottenimento di un metodo non vincolato dalla classe `C8` e assegnazione a `metodo_non_vincolato`.
- ② Chiamata del metodo non vincolato, passando esplicitamente l'istanza `x` come argomento. Questo passo è necessario per fornire il contesto (`self`) per il metodo, poiché `metodo_non_vincolato` non è legato a nessuna istanza.

In sintesi, i metodi vincolati consentono di chiamare metodi di istanza senza dover passare esplicitamente l'istanza, rendendo il codice più pulito e intuitivo.

## 19.7. Ereditarietà

Quando utilizziamo un riferimento a un attributo `C.nome` su un oggetto classe `C`, e `nome` non è una chiave in `C.__dict__`, la ricerca procede implicitamente su ogni oggetto classe che è in `C.__bases__` in un ordine specifico (noto storicamente come ordine di risoluzione dei metodi, o MRO, ma che in realtà si applica a tutti gli attributi, non solo ai metodi). Le classi base di `C` possono a loro volta avere le proprie basi. La ricerca controlla gli antenati diretti e indiretti, uno per uno, nell'MRO, fermandosi quando `nome` viene trovato.

Esempio di ereditarietà:

```
class Base:
 a = 23

 def saluta(self):
 print("Ciao dal Base")

class Derivata(Base):
 b = 45

d = Derivata()

print(d.a)

d.saluta()
```

- ① Definizione della classe `Base`.
- ② L'attributo `a` della classe `Base` è associato al valore 23.
- ③ Definizione di un metodo della classe `Base`.
- ④ Stampa del messaggio `Ciao dal Base`.
- ⑤ Definizione della classe `Derivata` che eredita da `Base`.
- ⑥ L'attributo `b` della classe `Derivata` è associato al valore 45.
- ⑦ Creazione di un'istanza della classe `Derivata`.
- ⑧ Stampa del valore dell'attributo `a` dell'istanza `d`.
- ⑨ Chiamata del metodo `saluta` dell'istanza `d`.

## 19.8. Metodi speciali

I metodi speciali in Python sono metodi con due trattini bassi all'inizio e alla fine del loro nome (dunder). Questi metodi vengono chiamati implicitamente in determinate situazioni. Ad esempio, il metodo `__init__` viene chiamato quando viene creata una nuova istanza di una classe.

Esempio di metodo speciale:

```
class C9: ①
 def __init__(self, valore): ②
 self.valore = valore ③

 def __str__(self): ④
 return f"C9 con valore: {self.valore}" ⑤

c = C9(10) ⑥

print(c) ⑦
```

- ① Definizione della classe C9.
- ② Definizione del metodo `__init__` con il parametro `valore`.
- ③ Associazione dell'attributo `valore` al valore del parametro `valore`.
- ④ Definizione del metodo `__str__`.
- ⑤ Restituzione di una stringa rappresentativa dell'istanza.
- ⑥ Creazione di un'istanza della classe C9 con il valore 10.
- ⑦ Stampa della rappresentazione dell'istanza `c`.

## 19.9. Metodi di classe e metodi statici

In Python, i metodi possono essere definiti a livello di classe in due modi principali: come metodi statici e come metodi di classe. Entrambi offrono funzionalità diverse rispetto ai metodi di istanza.

### 19.9.1. Metodi statici

I metodi statici sono definiti utilizzando il decoratore `@staticmethod`. Questi metodi non ricevono automaticamente né il riferimento all'istanza (`self`) né alla classe (`cls`) come primo argomento. Sono simili alle funzioni normali, ma sono chiamati come membri della classe. Sono utili quando non è necessario accedere né alle variabili di istanza né alle variabili di classe all'interno del metodo.

Esempio di metodo statico:

```
class Utilita: ①
 @staticmethod ②
 def somma(a, b): ③
 return a + b ④

Chiamata al metodo statico senza creare un'istanza
print(Utilita.somma(10, 5)) ⑤
```

- ① Definizione della classe Utilita.
- ② Decoratore `@staticmethod` per definire un metodo statico.
- ③ Definizione del metodo statico `somma`.
- ④ Il metodo `somma` prende due argomenti e restituisce la loro somma.
- ⑤ Chiamata al metodo statico `somma` senza creare un'istanza della classe.

### 19.9.2. Metodi di classe

I metodi di classe sono definiti utilizzando il decoratore `@classmethod`. Questi metodi ricevono automaticamente un riferimento alla classe (`cls`) come primo argomento. Sono utili quando si ha bisogno di accedere o modificare lo stato della classe piuttosto che quello dell'istanza.

Esempio di metodo di classe:

```
class Contatore: ①
 contatore_comune = 0 ②

 def __init__(self): ③
 Contatore.contatore_comune += 1 ④

 @classmethod ⑤
 def ottieni_contatore(cls): ⑥
 return cls.contatore_comune ⑦

Creazione di istanze
c1 = Contatore() ⑧
c2 = Contatore() ⑨

Chiamata al metodo di classe
print(Contatore.ottieni_contatore()) ⑩
```

- ① Definizione della classe `Contatore`.
- ② Attributo di classe `contatore_comune`.
- ③ Metodo speciale `__init__` per l'inizializzazione.
- ④ Incrementa l'attributo di classe `contatore_comune` ogni volta che viene creata una nuova istanza.
- ⑤ Decoratore `@classmethod` per definire un metodo di classe.
- ⑥ Definizione del metodo di classe `ottieni_contatore`.
- ⑦ Il metodo `ottieni_contatore` restituisce il valore dell'attributo di classe `contatore_comune`.
- ⑧ Creazione di un'istanza della classe `Contatore`.
- ⑨ Creazione di un'altra istanza della classe `Contatore`.
- ⑩ Chiamata al metodo di classe `ottieni_contatore` senza creare un'istanza della classe.

### 19.9.3. Differenza tra metodi statici e metodi di classe

- Metodi statici:
  - Non ricevono né l'istanza (`self`) né la classe (`cls`) come primo argomento.
  - Sono simili alle funzioni normali, ma possono essere chiamati attraverso il nome della classe.
  - Utili per operazioni che non dipendono dallo stato della classe o dell'istanza.
- Metodi di classe:
  - Ricevono il riferimento alla classe (`cls`) come primo argomento.
  - Possono accedere e modificare lo stato della classe.
  - Utili per operazioni che riguardano lo stato globale della classe.

### 19.9.4. Casi d'uso

- Utilizzare un metodo statico per una funzione di utilità che non necessita di accedere o modificare lo stato della classe o dell'istanza.

```
class Matematica:
 @staticmethod
 def moltiplica(a, b):
 return a * b

 @staticmethod
 def dividi(a, b):
 return a / b

print(Matematica.moltiplica(3, 4))
```

①

1. Output: 12.

- Utilizzare un metodo di classe per mantenere o ottenere lo stato della classe, come contare il numero di istanze create.

```
class Giocatore:
 numero_giocatori = 0

 def __init__(self, nome):
 self.nome = nome
 Giocatore.numero_giocatori += 1

 @classmethod
 def ottieni_numero_giocatori(cls):
 return cls.numero_giocatori

g1 = Giocatore("Mario")
g2 = Giocatore("Luigi")

print(Giocatore.ottieni_numero_giocatori())
```

①

① Output: 2.

## 19.10. Descrittori

Un descrittore è un oggetto la cui classe fornisce uno o più metodi speciali chiamati `__get__`, `__set__` o `__delete__`. I descrittori che sono attributi di classe controllano la semantica di accesso e impostazione degli attributi sulle istanze di quella classe.

Esempio di un descrittore:

```
class Const:
 def __init__(self, value):
 self.__dict__['value'] = value
```

①

②

③

```

def __set__(self, *_): ④
 pass ⑤

def __get__(self, *_): ⑥
 return self.__dict__['value'] ⑦

def __delete__(self, *_): ⑧
 pass ⑨

class X: ⑩
 c = Const(23) ⑪

x = X() ⑫
print(x.c) ⑬

x.c = 42 ⑭
print(x.c) ⑮

del x.c ⑯
print(x.c) ⑰

```

- ① Definizione della classe `Const`.
- ② Inizializzazione del descrittore con un valore.
- ③ Memorizzazione del valore nel dizionario dell'istanza.
- ④ Metodo `__set__` del descrittore.
- ⑤ Ignora qualsiasi tentativo di impostazione del valore.
- ⑥ Metodo `__get__` del descrittore.
- ⑦ Restituisce il valore memorizzato nel dizionario dell'istanza.
- ⑧ Metodo `__delete__` del descrittore.
- ⑨ Ignora qualsiasi tentativo di eliminazione del valore.
- ⑩ Definizione della classe `X`.
- ⑪ L'attributo `c` della classe `X` è un descrittore di tipo `Const`.
- ⑫ Creazione di un'istanza della classe `X`.
- ⑬ Stampa del valore dell'attributo `c` dell'istanza `x`.
- ⑭ Tentativo di impostazione del valore dell'attributo `c` dell'istanza `x` (ignorato).
- ⑮ Stampa del valore dell'attributo `c` dell'istanza `x`.
- ⑯ Tentativo di eliminazione dell'attributo `c` dell'istanza `x` (ignorato).
- ⑰ Stampa del valore dell'attributo `c` dell'istanza `x`.

### 19.10.1. Accesso

Nel caso di accesso ad un membro di una classe sia un descrittore, le regole viste in precedenza si qualificano come di seguito:

- Se il membro è un descrittore non sovrascrivente (ovvero, un descrittore che implementa solo il metodo `__get__`), viene restituito il risultato del metodo `__get__` del descrittore. Esempio:

```

class DescrittoreNonSovrascrivente:
 def __init__(self, valore):
 self.valore = valore

 def __get__(self, istanza, proprietario):
 return self.valore ①

class MiaClasse:
 descrittore = DescrittoreNonSovrascrivente("valore descrittore") ②

istanza = MiaClasse()
print(istanza.descrittore) ③

```

- ① Il metodo `__get__` restituisce il valore del descrittore.
  - ② Definisce un descrittore non sovrascrivente come attributo di classe.
  - ③ Trova `descrittore` nella classe, chiama `DescrittoreNonSovrascrivente.__get__` e restituisce "valore descrittore".
- Se il membro è un descrittore sovrascrivente (ovvero, un descrittore che implementa i metodi `__get__` e `__set__`), viene chiamato il metodo `__get__` del descrittore, che restituisce il valore dell'attributo. Esempio:

```

class DescrittoreSovrascrivente:
 def __init__(self, valore):
 self.valore = valore

 def __get__(self, istanza, proprietario):
 return self.valore ①

 def __set__(self, istanza, valore):
 self.valore = valore ②

class MiaClasse:
 descrittore = DescrittoreSovrascrivente("valore iniziale") ③

istanza = MiaClasse()
print(istanza.descrittore) ④

istanza.descrittore = "nuovo valore" ⑤
print(istanza.descrittore) ⑥

```

- ① Il metodo `__get__` restituisce il valore del descrittore.
- ② Il metodo `__set__` permette di modificare il valore del descrittore.
- ③ Definisce un descrittore sovrascrivente come attributo di classe.
- ④ Trova `descrittore` nella classe, chiama `DescrittoreSovrascrivente.__get__` e restituisce "valore iniziale".
- ⑤ Chiama `DescrittoreSovrascrivente.__set__` per modificare il valore.
- ⑥ Trova `descrittore` nella classe, chiama `DescrittoreSovrascrivente.__get__` e restituisce "nuovo valore".

- Se il membro non è un descrittore, viene restituito il valore associato al membro. Esempio:

```
class ClasseBase:
 attributo_base = "valore base" ①

class MiaClasse(ClasseBase):
 pass

istanza = MiaClasse()
print(istanza.attributo_base) ②
```

- ① Definisce un attributo di classe non descrittore.  
 ② Trova `attributo_base` nella classe base e restituisce "valore base".

### 19.10.2. Usi comuni

Un uso comune dei descrittori è la validazione degli attributi. Ad esempio, possiamo creare un descrittore per assicurare che un attributo sia sempre un numero positivo.

```
class PositiveNumber: ①
 def __init__(self): ②
 self.value = None ③

 def __get__(self, instance, owner): ④
 return self.value ⑤

 def __set__(self, instance, value): ⑥
 if value < 0: ⑦
 raise ValueError("Il valore deve essere positivo") ⑧

 self.value = value ⑨

class Prodotto: ⑩
 prezzo = PositiveNumber() ⑪

p = Prodotto() ⑫
p.prezzo = 10 ⑬
print(p.prezzo) ⑭

p.prezzo = -5 ⑮
```

- ① Definisce un descrittore `PositiveNumber`.  
 ② Inizializzazione del descrittore.  
 ③ Memorizzazione del valore.  
 ④ Metodo `__get__` del descrittore per ottenere il valore.  
 ⑤ Restituisce il valore memorizzato.  
 ⑥ Metodo `__set__` del descrittore per impostare il valore.  
 ⑦ Controlla se il valore è negativo.  
 ⑧ Solleva un'eccezione se il valore è negativo.

- ⑨ Imposta il valore se è positivo.
- ⑩ Definisce una classe `Prodotto`.
- ⑪ L'attributo `prezzo` della classe `Prodotto` è un descrittore di tipo `PositiveNumber`.
- ⑫ Creazione di un'istanza della classe `Prodotto`.
- ⑬ Imposta il valore dell'attributo `prezzo` dell'istanza `p`.
- ⑭ Stampa il valore dell'attributo `prezzo` dell'istanza `p`.
- ⑮ Tentativo di impostazione di un valore negativo per l'attributo `prezzo` (solleva un'eccezione).

Un altro uso comune dei descrittori è la memorizzazione nella cache dei risultati di calcoli costosi.

```
class CachedProperty:
 def __init__(self, func):
 self.func = func
 self.value = None
 self.is_cached = False

 def __get__(self, instance, owner):
 if not self.is_cached:
 self.value = self.func(instance)
 self.is_cached = True

 return self.value

class DatiComplessi:
 @CachedProperty
 def calcolo_costoso(self):
 print("Calcolo in corso...")

 return 42

d = DatiComplessi()
print(d.calcolo_costoso)
print(d.calcolo_costoso)
```

- ① Definisce un descrittore `CachedProperty`.
- ② Inizializzazione del descrittore con una funzione.
- ③ Memorizza la funzione.
- ④ Memorizza il valore.
- ⑤ Flag per indicare se il valore è memorizzato nella cache.
- ⑥ Metodo `__get__` del descrittore per ottenere il valore.
- ⑦ Controlla se il valore è memorizzato nella cache.
- ⑧ Calcola il valore e lo memorizza nella cache se non è presente.
- ⑨ Imposta il flag di cache.
- ⑩ Restituisce il valore memorizzato nella cache.
- ⑪ Definisce una classe `DatiComplessi`.
- ⑫ Utilizza `CachedProperty` per decorare un metodo.
- ⑬ Definisce un metodo `calcolo_costoso`.
- ⑭ Stampa un messaggio durante il calcolo.
- ⑮ Restituisce un valore.



- ⑩ Creazione di un'istanza della classe `DatiComplessi`.
- ⑪ Chiama `calcolo_costoso` e stampa il risultato (calcola e memorizza nella cache).
- ⑫ Chiama `calcolo_costoso` e stampa il risultato (usa il valore memorizzato nella cache).

## 19.11. Decoratori

I decorator in Python sono funzioni che modificano il comportamento di altre funzioni o metodi. Sono utili per estendere la funzionalità di funzioni o metodi senza modificarne il codice.

Esempio di decoratore:

```
def mio_decoratore(f):
 def wrapper():
 print("Qualcosa prima della funzione")

 f()

 print("Qualcosa dopo la funzione")

 return wrapper

@mio_decoratore
def di_ciao():
 print("Ciao!")

di_ciao()
```

- ① Definizione del decoratore `mio_decoratore`.
- ② Definizione della funzione `wrapper` interna.
- ③ Stampa di un messaggio prima della chiamata della funzione decorata.
- ④ Chiamata della funzione decorata.
- ⑤ Stampa di un messaggio dopo la chiamata della funzione decorata.
- ⑥ Restituzione della funzione `wrapper`.
- ⑦ Applicazione del decoratore `mio_decoratore` alla funzione `di_ciao`.
- ⑧ Definizione della funzione `di_ciao`.
- ⑨ Stampa del messaggio `Ciao!`.
- ⑩ Chiamata della funzione `di_ciao` decorata. Output:

```
Qualcosa prima della funzione
Ciao!
Qualcosa dopo la funzione
```

L'analogo del codice precedente senza l'uso della sintassi di decorazione `@`, esplicita ciò che avviene dietro le quinte:

```

def mio_decoratore(f):
 def wrapper():
 print("Qualcosa prima della funzione")

 f()

 print("Qualcosa dopo la funzione")

 return wrapper

def di_ciao():
 print("Ciao!")

di_ciao = mio_decoratore(di_ciao)

di_ciao()

```

- ① Definizione del decoratore `mio_decoratore`.
- ② Definizione della funzione `wrapper` interna.
- ③ Stampa di un messaggio prima della chiamata della funzione decorata.
- ④ Chiamata della funzione decorata.
- ⑤ Stampa di un messaggio dopo la chiamata della funzione decorata.
- ⑥ Restituzione della funzione `wrapper`.
- ⑦ Definizione della funzione `di_ciao`.
- ⑧ Stampa del messaggio `Ciao!`.
- ⑨ Applicazione

del decoratore `mio_decoratore` alla funzione `di_ciao` assegnando `di_ciao` alla funzione `wrapper` restituita. 10. Chiamata della funzione `di_ciao` decorata. Output: `python Qualcosa prima della funzione Ciao! Qualcosa dopo la funzione`

Nel primo esempio, la sintassi `@mio_decoratore` applica il decoratore alla funzione `di_ciao` direttamente sopra la definizione della funzione. Nel secondo esempio, il decoratore `mio_decoratore` viene applicato esplicitamente assegnando `di_ciao` alla funzione `wrapper` restituita dal decoratore. Entrambi gli approcci producono lo stesso risultato, ma il secondo esempio mostra chiaramente come tutte le volte che chiamo la funzione devo modificare la sintassi mentre usando il decoratore nella definizione della funzione, ho una sola variazione che non impatta i codici che utilizzano la `di_ciao()`.

## 20. Moduli

Un tipico programma Python è composto da diversi file sorgente. Ogni file sorgente è un modulo, che raggruppa codice e dati per il riutilizzo. I moduli sono normalmente indipendenti l'uno dall'altro, in modo che altri programmi possano riutilizzare i moduli specifici di cui hanno bisogno. A volte, per gestire la complessità, gli sviluppatori raggruppano insieme moduli correlati in un pacchetto, una struttura gerarchica ad albero di moduli e sottopacchetti correlati.

Un modulo stabilisce esplicitamente le dipendenze dagli altri moduli utilizzando le istruzioni `import` o `from`. In Python, le variabili globali non sono globali per tutti i moduli, ma piuttosto sono attributi di un singolo oggetto modulo. Pertanto, i moduli Python comunicano sempre in modi espliciti e mantenibili, chiarendo i collegamenti tra di essi.

Python supporta anche moduli di estensione, scritti in altri linguaggi come C, C++, Java, C# o Rust. Per il codice Python che importa un modulo, non importa se il modulo è puro Python o un'estensione. Puoi sempre iniziare scrivendo un modulo in Python. Se in seguito hai bisogno di più velocità, puoi rifattorizzare e riscrivere alcune parti del tuo modulo in linguaggi a basso livello, senza cambiare il codice client che utilizza il modulo.

Questo capitolo discute la creazione e il caricamento dei moduli. Copre anche il raggruppamento di moduli in pacchetti, l'uso di `setuptools` per installare pacchetti e come preparare i pacchetti per la distribuzione. Chiudiamo il capitolo con una discussione su come gestire al meglio i tuoi ambienti Python.

### 20.1. Oggetti Modulo

I moduli in Python sono gestiti come altri oggetti. Pertanto, puoi passare un modulo come argomento in una chiamata a una funzione. Allo stesso modo, una funzione può restituire un modulo come risultato di una chiamata. Un modulo, proprio come qualsiasi altro oggetto, può essere referenziato da una variabile, un elemento in un contenitore o un attributo di un oggetto. I moduli possono essere chiavi o valori in un dizionario e possono essere membri di un insieme. Ad esempio, il dizionario `sys.modules` contiene oggetti modulo come valori. Il fatto che i moduli possano essere trattati come altri valori in Python è spesso espresso dicendo che i moduli sono oggetti di prima classe.

### 20.2. L'istruzione `import`

Il codice Python per un modulo chiamato `aname` vive solitamente in un file chiamato `aname.py`. Puoi usare qualsiasi file sorgente Python come modulo eseguendo un'istruzione `import` in un altro file sorgente Python. `import` ha la seguente sintassi:

```
import modname [as varname][,...]
```

Dopo la parola chiave `import` vengono uno o più specificatori di modulo separati da virgole. Nel caso più semplice e comune, un specificatore di modulo è solo `modname`, un identificatore che Python vincola all'oggetto

modulo quando l'istruzione `import` termina. In questo caso, Python cerca il modulo con lo stesso nome per soddisfare la richiesta di importazione. Ad esempio, questa istruzione:

```
import mymodule
```

①

- ① Cerca il modulo chiamato `mymodule` e vincola la variabile chiamata `mymodule` nell'ambito corrente all'oggetto modulo.

### 20.3. Il corpo del modulo

Il corpo di un modulo è la sequenza di istruzioni nel file sorgente del modulo. Non c'è una sintassi speciale richiesta per indicare che un file sorgente è un modulo; puoi usare qualsiasi file sorgente Python valido come modulo. Il corpo di un modulo viene eseguito immediatamente la prima volta che un programma importa il modulo. Quando il corpo inizia a essere eseguito, l'oggetto modulo è già stato creato, con una voce in `sys.modules` già vincolata all'oggetto modulo. Il namespace (spazio dei nomi) globale del modulo viene gradualmente popolato man mano che il corpo del modulo viene eseguito.

### 20.4. Attributi degli oggetti modulo

Un'istruzione `import` crea un nuovo spazio di nomi contenente tutti gli attributi del modulo. Per accedere a un attributo in questo spazio di nomi, utilizza il nome o l'alias del modulo come prefisso:

```
import mymodule
a = mymodule.f()
```

①

②

- ① Importa il modulo `mymodule`.  
 ② Accede all'attributo `f()` del modulo `mymodule`.

Normalmente, sono le istruzioni nel corpo del modulo a vincolare gli attributi di un oggetto modulo. Quando un'istruzione nel corpo del modulo vincola una variabile globale, ciò che viene vincolato è un attributo dell'oggetto modulo.

### 20.5. La funzione `__getattr__`

Una funzione `__getattr__` definita a livello di modulo può creare dinamicamente nuovi attributi del modulo. Un possibile motivo per farlo sarebbe definire attributi che richiedono molto tempo per essere creati; definirli in una funzione `__getattr__` a livello di modulo rinvia la creazione degli attributi fino a quando non vengono effettivamente referenziati, se mai lo saranno.

Ecco un esempio di codice che potrebbe essere aggiunto a `mymodule.py` per rinviare la creazione di un elenco contenente i primi milioni di numeri primi:

```

def __getattr__(name):
 if name == 'first_million_primes':
 def generate_n_primes(n):
 # ... codice per generare 'n' numeri primi ...
 pass

 import sys

 this_module = sys.modules[__name__]

 this_module.first_million_primes = generate_n_primes(1_000_000)

 return this_module.first_million_primes

 raise AttributeError(f'module {__name__!r} has no attribute {name!r}')

```

- ① Definisce la funzione `__getattr__` a livello di modulo.
- ② Controlla se l'attributo richiesto è `first_million_primes`.
- ③ Definisce una funzione interna per generare 'n' numeri primi.
- ④ Importa il modulo `sys`.
- ⑤ Ottiene il modulo corrente da `sys.modules`.
- ⑥ Crea l'attributo `first_million_primes` nel modulo corrente.
- ⑦ Restituisce l'attributo `first_million_primes`.
- ⑧ Solleva un'eccezione `AttributeError` se l'attributo non è trovato.

## 20.6. La dichiarazione *from*

L'istruzione `from` di Python consente di importare attributi specifici da un modulo nello spazio dei nomi corrente. `from` ha due varianti di sintassi:

```

from modname import attrname [as varname][,...]
from modname import *

```

Un'istruzione `from` specifica un nome di modulo, seguito da uno o più specificatori di attributo separati da virgole. Nel caso più semplice e comune, uno specificatore di attributo è solo un identificatore `attrname`, che è una variabile che Python vincola all'attributo con lo stesso nome nel modulo chiamato `modname`. Ad esempio:

```

from mymodule import f

```

- ① Importa l'attributo `f` dal modulo `mymodule`.

Quando `as varname` è parte di uno specificatore di attributo, Python ottiene il valore dell'attributo `attrname` dal modulo e lo vincola alla variabile `varname`. Ad esempio:

```

from mymodule import f as foo

```

- ① Importa l'attributo `f` dal modulo `mymodule` e lo vincola alla variabile `foo`.

## 20.7. Gestione dei fallimenti di importazione

Se stai importando un modulo che non fa parte di Python standard e desideri gestire i fallimenti di importazione, puoi farlo catturando l'eccezione `ImportError`. Ad esempio, se il tuo codice utilizza il modulo di terze parti `rich` per formattare l'output in modo opzionale, ma ricade su un output normale se quel modulo non è stato installato, importeresti il modulo utilizzando:

```
try:
 import rich
except ImportError:
 rich = None
```

①  
②  
③

- ① Prova a importare il modulo `rich`.
- ② Cattura l'eccezione `ImportError` se il modulo non è trovato.
- ③ Imposta `rich` su `None` se il modulo non è disponibile.

Poi, nella parte di output del tuo programma, scriveresti:

```
if rich is not None:
 # ... output utilizzando le funzionalità del modulo rich ...
else:
 # ... output utilizzando le normali istruzioni print() ...
```

①  
②

- ① Controlla se il modulo `rich` è disponibile.
- ② Esegue l'output normale se `rich` non è disponibile.

Con questi esempi, hai una panoramica dettagliata su come creare, importare e gestire moduli in Python, inclusi la gestione degli attributi dinamici e la gestione dei fallimenti di importazione.

# 21. Esercitazione 1: web app con Flask

## 21.1. Il problema

In questa esercitazione, svilupperemo una semplice web app utilizzando Flask. L'applicazione accetterà in input un indirizzo dall'utente e mostrerà la mappa corrispondente utilizzando Google Maps, consentendo all'utente di scegliere il tipo di visualizzazione della mappa (mappa normale, satellite, terreno). Inoltre, permetteremo all'utente di visualizzare punti di interesse (POI) come ristoranti e ospedali e di tracciare un percorso tra due indirizzi.

## 21.2. Flask

Flask è un micro-framework per il web sviluppato in Python. È semplice da usare e molto flessibile, rendendolo ideale per piccoli progetti web e prototipi. Flask utilizza Jinja2 per il rendering dei template HTML e supporta vari metodi HTTP per la gestione delle richieste web.

### 21.2.1. Installazione

Per installare Flask, è possibile utilizzare pip:

```
pip install Flask
```

### 21.2.2. Creazione di una semplice web app

Iniziamo creando una semplice applicazione Flask che visualizza **Hello, World!** quando si accede alla homepage.

Crea un file chiamato `app.py` e aggiungi il seguente codice:

```
from flask import Flask ①
app = Flask(__name__) ②
@app.route('/') ③
def hello_world(): ④
 return 'Hello, World!' ⑤
if __name__ == '__main__': ⑥
 app.run(debug=True) ⑦
```

## 21. Esercitazione 1: web app con Flask

- ① Importiamo la classe `Flask` dal modulo `flask`. Questa classe viene utilizzata per creare un'applicazione Flask.
- ② Creiamo un'istanza dell'applicazione Flask. `__name__` è una variabile speciale che indica il nome del modulo corrente. Flask usa questa variabile per sapere dove trovare risorse come i file di template e di configurazione.
- ③ Utilizziamo il decoratore `@app.route('/')` per definire una “route” per la nostra applicazione. Una route è un URL specifico che l'utente può visitare nel browser. In questo caso, la route è la homepage, rappresentata da `/`.
- ④ Definiamo una funzione chiamata `hello_world` che viene eseguita quando un utente visita la route `/`.
- ⑤ La funzione `hello_world` restituisce una stringa `'Hello, World!'`. Questo è il contenuto che verrà visualizzato nel browser dell'utente quando visiterà la homepage dell'applicazione.
- ⑥ Controlliamo se lo script è eseguito direttamente (non importato come modulo in un altro script). Se è così, eseguiamo il codice nel blocco.
- ⑦ Avviamo l'applicazione Flask. `app.run(debug=True)` avvia un server web integrato che esegue l'applicazione. L'opzione `debug=True` abilita la modalità di debug, che fornisce informazioni dettagliate sugli errori e ricarica automaticamente l'applicazione quando i file di codice vengono modificati.

### 21.2.3. Esecuzione della web app

Per eseguire l'applicazione, utilizza il comando:

```
python app.py
```

Naviga verso `http://127.0.0.1:5000/` nel browser per vedere il risultato.

### 21.2.4. Template

Flask utilizza Jinja2 come motore di template. I template permettono di separare la logica dell'applicazione dalla presentazione. Possiamo creare file HTML che contengono variabili e istruzioni di controllo che vengono sostituite con i dati reali al momento del rendering.

Per utilizzare i template, crea una cartella chiamata `templates` nella directory del tuo progetto. All'interno di `templates`, crea un file chiamato `index.html`:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Home</title>
</head>
<body>
 <h1>{{ title }}</h1>
 <p>{{ message }}</p>
</body>
</html>
```

- ① Titolo della pagina: Il titolo della pagina HTML, visualizzato nella barra del titolo del browser.
- ② Variabile Jinja2 per il titolo: Variabile Jinja2 `title` che sarà sostituita con il valore passato dal codice Python.



- ③ Variabile Jinja2 per il messaggio: Variabile Jinja2 `message` che sarà sostituita con il valore passato dal codice Python.

Aggiorniamo `app.py` per utilizzare il template `index.html`:

```
from flask import Flask, render_template ①

app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def home():
 return render_template('index.html', ②
 title='Hello, World!',
 message='Welcome to my Flask app')

if __name__ == '__main__':
 app.run(debug=True)
```

- ① Importiamo la funzione `render_template` da Flask.
- ② Utilizziamo `render_template` nella funzione `home` per renderizzare il template `index.html` e passare i valori per `title` e `message`.

### 21.2.5. Jinja2

Jinja2 è il motore di template utilizzato da Flask. Permette di inserire variabili, eseguire cicli e condizioni, e molto altro nei file HTML.

Sintassi di base di Jinja2:

- Variabili `{ variabile }`.
- Condizioni `{% if condizione %} ... {% endif %}`.
- Cicli `{% for item in lista %} ... {% endfor %}`.

Esempio con ciclo e condizione:

Aggiorniamo `index.html` per includere un ciclo e una condizione:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Home</title>
</head>
<body>
 <h1>{{ title }}</h1>
 <p>{{ message }}</p>

 {% for item in items %}
 {% if item == 'Special' %}{{ item }}{% else %}{{ item }}{% endif %}
 {% endfor %}

```

```
</body>
</html>
```

Aggiorniamo `app.py` per passare una lista di elementi al template:

```
from flask import Flask, render_template

app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def home():
 items = ['Item 1', 'Item 2', 'Special', 'Item 3']

 return render_template('index.html',
 title='Hello, World!',
 message='Welcome to my Flask app',
 items=items)

if __name__ == '__main__':
 app.run(debug=True)
```

### 21.2.6. Metodi HTTP

Flask supporta vari metodi HTTP, inclusi GET e POST, che sono i più comunemente utilizzati. I metodi HTTP sono modi standard per inviare e ricevere dati tra il client (come il browser web) e il server. In Flask, dobbiamo considerare questi metodi perché determinano come i dati vengono inviati e ricevuti dall'applicazione. Ad esempio, il metodo GET viene utilizzato per richiedere dati dal server (come caricare una pagina web), mentre il metodo POST viene utilizzato per inviare dati al server (come inviare un modulo).

Creiamo un semplice modulo di contatto che utilizza sia GET che POST.

Form HTML, da salvare in `templates/contact.html`:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Contattaci</title>
</head>
<body>
 <h1>Contattaci</h1>
 <form method="post">
 <label for="nome">Nome:</label>
 <input type="text" id="nome" name="nome" required>
 <label for="messaggio">Messaggio:</label>
 <textarea id="messaggio" name="messaggio" required></textarea>
 <input type="submit" value="Invia">
 </form>
</body>
</html>
```

Aggiornamento di `app.py`:

```

from flask import Flask, render_template, request ①

app = Flask(__name__) ②

@app.route('/') ③
def home(): ④
 items = ['Item 1', 'Item 2', 'Special', 'Item 3'] ⑤

 return render_template('index.html',
 title='Hello, World!',
 message='Welcome to my Flask app',
 items=items) ⑥

@app.route('/contact', methods=['GET', 'POST']) ⑦
def contact(): ⑧
 if request.method == 'POST': ⑨
 nome = request.form['nome'] ⑩

 messaggio = request.form['messaggio'] ⑪

 return f'Thank you {nome}, your message has been received.' ⑬

 return render_template('contact.html') ⑭

if __name__ == '__main__': ⑮
 app.run(debug=True) ⑯

```

- ① Importiamo `Flask`, `render_template` e `request` da Flask per gestire i dati dei moduli.
- ② Creiamo un'applicazione Flask.
- ③ Definiamo la route per la homepage con il decoratore `@app.route('/')`.
- ④ Definiamo la funzione `home` che viene chiamata quando la homepage viene richiesta.
- ⑤ Creiamo una lista di oggetti da passare al template.
- ⑥ Utilizziamo `render_template` per rendere il template `index.html` con variabili `title`, `message` e `items`.
- ⑦ Definiamo la route `/contact` che gestisce sia le richieste GET che POST.
- ⑧ Definiamo la funzione `contact` che gestisce la logica per la route `/contact`.
- ⑨ Se il metodo della richiesta è POST, elaboriamo i dati del modulo.
- ⑩ Otteniamo il valore del campo `nome` dal modulo.
- ⑪ Otteniamo il valore del campo `messaggio` dal modulo.
- ⑫ Qui, è possibile aggiungere codice per elaborare i dati del modulo, come inviarli via email.
- ⑬ Restituiamo un messaggio di ringraziamento con il nome dell'utente.
- ⑭ Se il metodo è GET, visualizziamo il modulo di contatto.
- ⑮ Eseguiamo l'applicazione Flask in modalità di debug.
- ⑯ Avviamo il server Flask.

### 21.2.7. Per continuare

Questa introduzione copre le basi di Flask, inclusi template, Jinja2 e metodi HTTP. Flask è un framework potente e flessibile che rende lo sviluppo web con Python semplice ed efficace. Per ulteriori approfondimenti, è possibile consultare la documentazione ufficiale di Flask.

### 21.2.8. Esercitazione 1: web app con Flask

## 21.3. Il problema

In questa esercitazione, svilupperemo una semplice web app utilizzando Flask. L'applicazione accetterà in input un indirizzo dall'utente e mostrerà la mappa corrispondente utilizzando Google Maps, consentendo all'utente di scegliere il tipo di visualizzazione della mappa (mappa normale, satellite, terreno) e visualizzare i dettagli dell'indirizzo. Inoltre, sarà possibile tracciare un percorso tra due indirizzi.

## 21.4. Flask

Flask è un micro-framework per il web sviluppato in Python. È semplice da usare e molto flessibile, rendendolo ideale per piccoli progetti web e prototipi. Flask utilizza Jinja2 per il rendering dei template HTML e supporta vari metodi HTTP per la gestione delle richieste web.

### 21.4.1. Installazione

Per installare Flask, è possibile utilizzare pip:

```
pip install Flask
```

### 21.4.2. Creazione di una semplice web app

Iniziamo creando una semplice applicazione Flask che visualizza **Hello, World!** quando si accede alla homepage.

Crea un file chiamato `app.py` e aggiungi il seguente codice:

```
from flask import Flask ①
app = Flask(__name__) ②
@app.route('/') ③
def hello_world(): ④
 return 'Hello, World!' ⑤
if __name__ == '__main__': ⑥
 app.run(debug=True) ⑦
```

① Importiamo la classe `Flask` dal modulo `flask`.

- ② Creiamo un'istanza dell'applicazione Flask.
- ③ Utilizziamo il decoratore `@app.route('/')` per definire una route per la nostra applicazione.
- ④ Definiamo una funzione chiamata `hello_world` che viene eseguita quando un utente visita la route `/`.
- ⑤ La funzione `hello_world` restituisce una stringa `'Hello, World!'`.
- ⑥ Controlliamo se lo script è eseguito direttamente.
- ⑦ Avviamo l'applicazione Flask in modalità debug.

### 21.4.3. Esecuzione della web app

Per eseguire l'applicazione, utilizza il comando:

```
python app.py
```

Naviga verso `http://127.0.0.1:5000/` nel browser per vedere il risultato.

### 21.4.4. Template

Flask utilizza Jinja2 come motore di template. I template permettono di separare la logica dell'applicazione dalla presentazione. Possiamo creare file HTML che contengono variabili e istruzioni di controllo che vengono sostituite con i dati reali al momento del rendering.

Per utilizzare i template, crea una cartella chiamata `templates` nella directory del tuo progetto. All'interno di `templates`, crea un file chiamato `index.html`:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Home</title>
</head>
<body>
 <h1>{{ title }}</h1>
 <p>{{ message }}</p>
</body>
</html>
```

①  
②  
③

- ① Titolo della pagina.
- ② Variabile Jinja2 per il titolo.
- ③ Variabile Jinja2 per il messaggio.

Aggiorniamo `app.py` per utilizzare il template `index.html`:

```
from flask import Flask, render_template

app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def home():
 return render_template('index.html',
 title='Hello, World!')
```

## 21. Esercitazione 1: web app con Flask

```
message='Welcome to my Flask app')

if __name__ == '__main__':
 app.run(debug=True)
```

1. Importiamo la funzione `render_template` da Flask.
2. Utilizziamo `render_template` nella funzione `home` per rendere il template `index.html` e passare i valori per `title` e `message`.

### 21.4.5. Jinja2

Jinja2 è il motore di template utilizzato da Flask. Permette di inserire variabili, eseguire cicli e condizioni, e molto altro nei file HTML.

Sintassi di base di Jinja2:

- Variabili `{ variabile }`.
- Condizioni `{% if condizione %} ... {% endif %}`.
- Cicli `{% for item in lista %} ... {% endfor %}`.

Aggiorniamo `index.html` per includere un ciclo e una condizione:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Home</title>
</head>
<body>
 <h1>{{ title }}</h1>
 <p>{{ message }}</p>

 {% for item in items %}
 {% if item == 'Special' %}{{ item }}{% else %}{{ item }}{% endif %}
 {% endfor %}

</body>
</html>
```

Aggiorniamo `app.py` per passare una lista di elementi al template:

```
from flask import Flask, render_template

app = Flask(__name__)

@app.route('/')
def home():
 items = ['Item 1', 'Item 2', 'Special', 'Item 3']
 return render_template('index.html',
 title='Hello, World!',
```

```

 message='Welcome to my Flask app',
 items=items)

if __name__ == '__main__':
 app.run(debug=True)

```

1. Definiamo una lista di oggetti da passare al template.
2. Passiamo la lista di oggetti `items` al template.

### 21.4.6. Metodi HTTP

Flask supporta vari metodi HTTP, inclusi GET e POST, che sono i più comunemente utilizzati. I metodi HTTP sono modi standard per inviare e ricevere dati tra il client (come il browser web) e il server. In Flask, dobbiamo considerare questi metodi perché determinano come i dati vengono inviati e ricevuti dall'applicazione. Ad esempio, il metodo GET viene utilizzato per richiedere dati dal server (come caricare una pagina web), mentre il metodo POST viene utilizzato per inviare dati al server (come inviare un modulo).

Creiamo un semplice modulo di contatto che utilizza sia GET che POST.

Form HTML (templates/contact.html):

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Contattaci</title>
</head>
<body>
 <h1>Contattaci</h1>
 <form method="post">
 <label for="nome">Nome:</label>
 <input type="text" id="nome" name="nome" required>
 <label for="messaggio">Messaggio:</label>
 <textarea id="messaggio" name="messaggio" required></textarea>
 <input type="submit" value="Invia">
 </form>
</body>
</html>

```

Aggiornamento di `app.py`:

```

from flask import Flask, render_template, request ①
app = Flask(__name__) ②
@app.route('/') ③
def home(): ④
 items = ['Item 1', 'Item 2', 'Special', 'Item 3'] ⑤
 return render_template('index.html',
 title='Hello, World!',

```

```

 message='Welcome to my Flask app',
 items=items)
❷

@app.route('/contact', methods=['GET', 'POST'])
❸
def contact():
❹
 if request.method == 'POST':
❺
 nome = request.form['nome']
❻
 messaggio = request.form['messaggio']
❼

 return f'Thank you {nome}, your message has been received.'
❻
 return render_template('contact.html')
❼

if __name__ == '__main__':
❻
 app.run(debug=True)
❼

```

- ❶ Importiamo `Flask`, `render_template` e `request` da Flask per gestire i dati dei moduli.
- ❷ Creiamo un'applicazione Flask.
- ❸ Definiamo la route per la homepage con il decoratore `@app.route('/')`.
- ❹ Definiamo la funzione `home` che viene chiamata quando la homepage viene richiesta.
- ❺ Creiamo una lista di oggetti da passare al template.
- ❻ Utilizziamo `render_template` per rendere il template `index.html` con variabili `title`, `message` e `items`.
- ❼ Definiamo la route `/contact` che gestisce sia le richieste GET che POST.
- ❸ Definiamo la funzione `contact` che gestisce la logica per la route `/contact`.
- ❹ Se il metodo della richiesta è POST, elaboriamo i dati del modulo.
- ❺ Otteniamo il valore del campo `nome` dal modulo.
- ❻ Otteniamo il valore del campo `messaggio` dal modulo.
- ❼ Qui, è possibile aggiungere codice per elaborare i dati del modulo, come inviarli via email.
- ❸ Restituiamo un messaggio di ringraziamento con il nome dell'utente.
- ❹ Se il metodo è GET, visualizziamo il modulo di contatto.
- ❺ Eseguiamo l'applicazione Flask in modalità di debug.
- ❻ Avviamo il server Flask.

#### 21.4.7. Per continuare

Questa introduzione copre le basi di Flask, inclusi template, Jinja2 e metodi HTTP. Flask è un framework potente e flessibile che rende lo sviluppo web con Python semplice ed efficace. Per ulteriori approfondimenti, è possibile consultare la documentazione ufficiale di Flask.

## 21.5. Passaggi dell'esercitazione

1. Creare un'applicazione Flask.
2. Implementare della pagina web per l'inserimento dell'indirizzo.
3. Integrare Google Maps per visualizzare la mappa basata sull'indirizzo inserito.
4. Consentire la selezione del tipo di visualizzazione della mappa.
5. Visualizzare una tabella con i dettagli dell'indirizzo.
6. Permettere di tracciare un percorso tra due indirizzi.



### 21.5.1. Passaggio 1: creazione di un'applicazione Flask

Il primo passo è creare una semplice applicazione Flask. Creiamo un file chiamato `app.py` che analizza due template cioè due file HTML delle variabili i cui valori saranno definiti al tempo di esecuzione.

La struttura dei file su disco prevede una cartella radice dove posizioniamo `app.py`, `VisualizzaMappa` e la sottocartella `templates` dove andranno i template delle pagine HTML:

```
VisualizzaMappa/
 app.py
 templates/
 index.html
 mappa.html
 route.html
 static/
```

`app.py`:

```
from flask import Flask, render_template, request ①
import requests ②

app = Flask(__name__) ③

GOOGLE_API_KEY = "INSERIRE CHIAVE API GOOGLE MAPS"

@app.route('/', methods=['GET', 'POST']) ④
def home():
 if request.method == 'POST': ⑤
 indirizzo = request.form['indirizzo'] ⑥
 visualizzazione = request.form['visualizzazione'] ⑦

 geocode_url = f"https://maps.googleapis.com/maps/api/geocode/json?" + \
 f"address={indirizzo}&key={GOOGLE_API_KEY}" ⑧

 response = requests.get(geocode_url) ⑨
 data = response.json() ⑩

 if data['status'] == 'OK': ⑪
 result = data['results'][0] ⑫
 dettagli = { ⑬
 'Indirizzo Formattato': result['formatted_address'],
 'Latitudine': result['geometry']['location']['lat'],
 'Longitudine': result['geometry']['location']['lng'],
 'Tipo di Luogo': result['types']
 }
 else:
 dettagli = None ⑭

 return render_template('mappa.html',
```

```

 indirizzo=indirizzo,
 visualizzazione=visualizzazione,
 dettagli=dettagli,
 api_key=GOOGLE_API_KEY) ⑮

 return render_template('index.html') ⑮

@app.route('/route', methods=['GET', 'POST']) ⑰
def route():
 if request.method == 'POST': ⑮
 start = request.form['start'] ⑰
 end = request.form['end'] ⑰

 return render_template('route.html',
 start=start,
 end=end,
 api_key=GOOGLE_API_KEY) ⑰

 return render_template('route_form.html') ⑰

if __name__ == '__main__':
 app.run(debug=True) ⑰

```

- ① Importa Flask e i moduli necessari per gestire le richieste e i template.
- ② Importa il modulo requests per effettuare richieste HTTP.
- ③ Crea l'istanza dell'applicazione Flask.
- ④ Definisce una route per la homepage, che accetta sia richieste GET che POST.
- ⑤ Controlla se la richiesta è di tipo POST.
- ⑥ Ottiene l'indirizzo inserito dall'utente nel modulo HTML.
- ⑦ Ottiene il tipo di visualizzazione selezionato dall'utente nel modulo HTML.
- ⑧ Costruisce l'URL per l'API di Google Maps per ottenere i dettagli dell'indirizzo.
- ⑨ Effettua una richiesta HTTP all'API di Google Maps.
- ⑩ Converte la risposta JSON in un dizionario Python.
- ⑪ Controlla se la richiesta all'API di Google Maps è andata a buon fine.
- ⑫ Ottiene il primo risultato dalla risposta dell'API.
- ⑬ Estrae i dettagli dell'indirizzo dalla risposta dell'API.
- ⑭ Se la richiesta all'API di Google Maps non è andata a buon fine, imposta `dettagli` a `None`.
- ⑮ Renderizza il template `mappa.html`, passando l'indirizzo, il tipo di visualizzazione e i dettagli come variabili.
- ⑯ Renderizza il template `index.html` per le richieste GET.
- ⑰ Definisce una route per il percorso, che accetta sia richieste GET che POST.
- ⑱ Controlla se la richiesta è di tipo POST.
- ⑲ Ottiene l'indirizzo di partenza inserito dall'utente nel modulo HTML.
- ⑳ Ottiene l'indirizzo di arrivo inserito dall'utente nel modulo HTML.
- ㉑ Renderizza il template `route.html`, passando gli indirizzi di partenza e arrivo come variabili.
- ㉒ Renderizza il template `route_form.html` per le richieste GET.
- ㉓ Avvia l'applicazione Flask in modalità debug.

### 21.5.2. Passaggio 2: implementazione della pagina web per inserimento indirizzo

Creiamo una pagina web che permetta agli utenti di inserire un indirizzo e selezionare il tipo di visualizzazione della mappa. Creiamo un file chiamato `templates/index.html`.

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Inserisci Indirizzo</title>
</head>
<body>
 <h1>Inserisci un indirizzo</h1>
 <form method="post">
 <label for="indirizzo">Indirizzo:</label>
 <input type="text" id="indirizzo" name="indirizzo" required> ①
 <label for="visualizzazione">Visualizzazione:</label>
 <select id="visualizzazione" name="visualizzazione"> ②
 <option value="roadmap">Mappa</option>
 <option value="satellite">Satellite</option>
 <option value="terrain">Terreno</option>
 </select>
 <input type="submit" value="Mostra Mappa"> ③
 </form>
 <h1>Traccia un percorso</h1>
 <form method="post" action="/route">
 <label for="start">Partenza:</label>
 <input type="text" id="start" name="start" required>
 <label for="end">Arrivo:</label>
 <input type="text" id="end" name="end" required>
 <input type="submit" value="Traccia Percorso">
 </form>
</body>
</html>

```

- ① Campo di input per l'indirizzo.
- ② Dropdown per selezionare il tipo di visualizzazione della mappa.
- ③ Pulsante di invio per il modulo.

### 21.5.3. Passaggio 3: integrazione di Google Maps

Creiamo un template per visualizzare la mappa di Google. Creiamo un file chiamato `templates/mappa.html`.

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Mappa</title>
 <script src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key={{ api_key }}&libraries=places"></script>
 <script>
 function initMap() {

```

```

var geocoder = new google.maps.Geocoder();
var indirizzo = "{{ indirizzo }}"; <!-- <2> -->
var visualizzazione = "{{ visualizzazione }}"; <!-- <3> -->
geocoder.geocode({'address': indirizzo}, function(results, status) {
 if (status === 'OK') {
 var mapOptions = {
 zoom: 15,
 center: results[0].geometry.location,
 mapTypeId: visualizzazione, <!-- <4> -->
 tilt: 45 <!-- <5> -->
 };
 var map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), mapOptions);

 var service = new google.maps.places.PlacesService(map);
 service.nearbySearch({
 location: results[0].geometry.location,
 radius: 1000,
 type: ['restaurant']
 }, function(results, status) {
 if (status === google.maps.places.PlacesServiceStatus.OK) {
 for (var i = 0; i < results.length; i++) {
 var place = results[i];
 new google.maps.Marker({
 position: place.geometry.location,
 map: map,
 title: place.name
 });
 }
 }
 });

 var panorama = new google.maps.StreetViewPanorama(
 document.getElementById('street-view'), {
 position: results[0].geometry.location,
 pov: {
 heading: 34,
 pitch: 10
 }
 });
 map.setStreetView(panorama); <!-- <6> -->
 } else {
 alert('Geocode non riuscito per il seguente motivo: ' + status);
 }
});
}
</script>
</head>
<body onload="initMap()">
 <h1>Mappa di {{ indirizzo }}</h1>

```

```

<div id="map" style="height: 500px; width: 100%;"></div>
<div id="street-view" style="height: 500px; width: 100%; margin-top: 20px;"></div>
{% if dettagli %}
<h2>Dettagli Indirizzo</h2>
<table>
 <tr><th>Chiave</th><th>Valore</th></tr>
 {% for chiave, valore in dettagli.items() %}
 <tr><td>{{ chiave }}</td><td>{{ valore }}</td></tr>
 {% endfor %}
</table>
{% else %}
<p>Dettagli non disponibili.</p>
{% endif %}
</body>
</html>

```

- ① Carica l'API di Google Maps con la chiave API.
- ② Inserisce l'indirizzo passato dal backend.
- ③ Inserisce il tipo di visualizzazione passato dal backend.
- ④ Imposta il tipo di visualizzazione della mappa.
- ⑤ Aggiunge l'inclinazione per la visualizzazione 3D.
- ⑥ Utilizza l'API di Street View per creare una vista 3D interattiva.
- ⑦ Chiama la funzione `initMap` quando la pagina è caricata.
- ⑧ `div` per visualizzare la mappa.
- ⑨ `div` per visualizzare la Street View sotto la mappa principale.
- ⑩ Controlla se i dettagli dell'indirizzo sono disponibili.
- ⑪ Messaggio di fallback se i dettagli non sono disponibili.

Creiamo un template per tracciare il percorso. Creiamo un file chiamato `templates/route.html`.

```

<!DOCTYPE html>
<html>
<head>
 <title>Percorso</title>
 <script src="https://maps.googleapis.com/maps/api/js?key={{ api_key }}"></script>
 <script>
 function initMap() {
 var directionsService = new google.maps.DirectionsService();
 var directionsRenderer = new google.maps.DirectionsRenderer();
 var start = "{{ start }}"; <!-- <2> -->
 var end = "{{ end }}"; <!-- <3> -->
 var map = new google.maps.Map(document.getElementById('map'), {
 zoom: 7,
 center: {lat: 41.85, lng: -87.65}
 });
 directionsRenderer.setMap(map);
 var request = {
 origin: start,
 destination: end,
 travelMode: 'DRIVING'
 };
 }
 </script>

```

```
};
directionsService.route(request, function(result, status) {
 if (status === 'OK') {
 directionsRenderer.setDirections(result);
 } else {
 alert('Directions request failed due to ' + status);
 }
});
}
</script>
</head>
<body onload="initMap()">
 <h1>Percorso da {{ start }} a {{ end }}</h1>
 <div id="map" style="height: 500px; width: 100%;"></div>
</body>
</html>
```

④

⑤

- ① Carica l'API di Google Maps con la chiave API.
- ② Inserisce l'indirizzo di partenza passato dal backend.
- ③ Inserisce l'indirizzo di arrivo passato dal backend.
- ④ Chiama la funzione `initMap` quando la pagina è caricata.
- ⑤ `div` per visualizzare il percorso sulla mappa.

#### 21.5.4. Passaggio 4: test dell'applicazione

Eseguiamo l'applicazione Flask:

```
python app.py
```

Apriamo il browser e navighiamo all'indirizzo `http://127.0.0.1:5000/`. Inseriamo un indirizzo, selezioniamo il tipo di visualizzazione e clicchiamo su **Mostra Mappa**. La mappa di Google dovrebbe essere visualizzata con l'indirizzo inserito e il tipo di visualizzazione selezionato. Inoltre, possiamo inserire gli indirizzi di partenza e arrivo per tracciare un percorso sulla mappa. I dettagli dell'indirizzo verranno mostrati in una tabella sotto la mappa.

#### 21.6. File

app.py

index.html

mappa.html

route.html

## **Parte IV.**

### **Quarta parte: Python avanzato**





## **Parte V.**

### **Quinta parte: strumenti**



# Riferimenti

ABELSON, Harold e JAY SUSSMAN, Gerald, 1996. *Structure and Interpretation of Computer Programs*. 2nd. MIT Press. ISBN 978-0262510875.

CHLIPALA, Adam, 2022. *Certified Programming with Dependent Types*. MIT Press. ISBN 9780262545747.  
Il libro "Certified Programming with Dependent Types" di Adam Chlipala offre un'introduzione dettagliata al software Coq per la scrittura e la verifica di dimostrazioni matematiche, con un forte focus pratico sull'ingegneria del software. La verifica formale dei programmi è un campo in crescita che trova applicazione sia nella matematica che nell'ingegneria, e questo libro si propone di rendere accessibili le tecniche per costruire, comprendere e mantenere sviluppi in Coq di grandi dimensioni. Una delle caratteristiche distintive del libro è la trattazione approfondita della programmazione con tipi dipendenti, un aspetto centrale del sistema Coq, e la costruzione di tattiche di prova specifiche per il dominio. Questi argomenti, raramente trattati altrove, sono essenziali per la verifica interattiva dei teoremi. Il libro utilizza uno stile unico di prova automatizzata e offre una libreria di tattiche progettate per essere utilizzate con gli esempi del testo, fornendo ai lettori le competenze necessarie per reimplementare queste tattiche in altri contesti.

<http://adam.chlipala.net/cpdt/html/>

CHURCH, Alonzo, 1936. An Unsolvable Problem of Elementary Number Theory. *American Journal of Mathematics* [en ligne]. 1936. Vol. 58, n° 2, pp. 345–363. DOI 10.2307/2371045.

CURRY, Haskell B., 1950. *A Theory of Formal Deducibility*. University of Notre Dame Press. Notre Dame Mathematical Lectures, 6.

ERICKSON, Jeff, 2019. *Algorithms* [en ligne]. Independent. Disponibile à l'adresse : <https://www.amazon.it/Algorithms-Jeff-Erickson/dp/1792644833>  
<https://jeffe.cs.illinois.edu/teaching/algorithms/>

HASKELL WIKI 'CURRYING' PAGE CONTRIBUTORS, 2024. *Currying* [en ligne]. 2024. Disponibile à l'adresse : <https://wiki.haskell.org/Currying>  
Accessed: 2024-07-09

HOARE, C. A. R., 1969. An Axiomatic Basis for Computer Programming. *Communications of the ACM* [en ligne]. 1969. Vol. 12, n° 10, pp. 576–580. DOI 10.1145/363235.363259.

KERNIGHAN, Brian W., 1973. *A Tutorial Introduction to the Programming Language B*. Murray Hill, NJ : Bell Laboratories.

KERNIGHAN, Brian W. e RITCHIE, Dennis M., 1988. *The C Programming Language*. 2nd. Englewood Cliffs, NJ : Prentice Hall. ISBN 978-0131103627.

POLYA, George, 1945. *How to Solve It*. Princeton University Press. ISBN 9780691119663.

STONE, Harold S., 1971. *Introduction to Computer Organization and Data Structures*. USA : <https://dl.acm.>

org/doi/10.5555/578826; McGraw-Hill, Inc. ISBN 0070617260.

STROUSTRUP, Bjarne, 2013. *The C++ Programming Language*. 4th. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2543987>; Addison-Wesley Professional. ISBN 0321563840.

C++11 has arrived: thoroughly master it, with the definitive new guide from C++ creator Bjarne Stroustrup, *C++ Programming Language, Fourth Edition*! The brand-new edition of the world's most trusted and widely read guide to C++, it has been comprehensively updated for the long-awaited C++11 standard. Extensively rewritten to present the C++11 language, standard library, and key design techniques as an integrated whole, Stroustrup thoroughly addresses changes that make C++11 feel like a whole new language, offering definitive guidance for leveraging its improvements in performance, reliability, and clarity. C++ programmers around the world recognize Bjarne Stroustrup as the go-to expert for the absolutely authoritative and exceptionally useful information they need to write outstanding C++ programs. Now, as C++11 compilers arrive and development organizations migrate to the new standard, they know exactly where to turn once more: Stroustrup's *C++ Programming Language, Fourth Edition*.

WIKIPEDIA 'CURRYING' PAGE CONTRIBUTORS, 2024. *Currying* [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : <https://en.wikipedia.org/wiki/Currying>  
Accessed: 2024-07-09

WIKIPEDIA 'FILTER (HIGHER-ORDER FUNCTION)' PAGE CONTRIBUTORS, 2024. *Filter (higher-order function)* [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : [https://en.wikipedia.org/wiki/Filter\\_\(higher-order\\_function\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Filter_(higher-order_function))  
Accessed: 2024-07-09

WIKIPEDIA 'LAMBDA CALCULUS' PAGE CONTRIBUTORS, 2024. *Lambda calculus* [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : [https://en.wikipedia.org/wiki/Lambda\\_calculus](https://en.wikipedia.org/wiki/Lambda_calculus)  
Accessed: 2024-07-09

WIKIPEDIA 'LIST OF PROGRAMMING LANGUAGES' PAGE CONTRIBUTORS, 2024. *List of programming languages* [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_programming\\_languages](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_programming_languages)  
Accessed: 2024-07-09

WIKIPEDIA 'MAP (HIGHER-ORDER FUNCTION)' PAGE CONTRIBUTORS, 2024. *Map (higher-order function)* [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : [https://en.wikipedia.org/wiki/Map\\_\(higher-order\\_function\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Map_(higher-order_function))  
Accessed: 2024-07-09

WIKIPEDIA 'REDUCE (HIGHER-ORDER FUNCTION)' PAGE CONTRIBUTORS, 2024. *Reduce (higher-order function)* [en ligne]. 2024. Disponible à l'adresse : [https://en.wikipedia.org/wiki/Reduce\\_\(higher-order\\_function\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Reduce_(higher-order_function))  
Accessed: 2024-07-09