

CURS 3

Șiruri de caractere

Un *șir de caractere* este o secvență de caractere indexată de la 0, memorată folosind un obiect de tipul clasei `str`.

Limbajul Python folosește setul de caractere Unicode (<https://home.unicode.org/>), ceea ce permite utilizarea într-un program a caracterelor din aproape orice alfabet existent pe Glob (*internaționalizare*) și a simbolurilor specifice multor domenii (pentru mai multe detalii consultați pagina <https://docs.python.org/3/howto/unicode.html>).

Constantele de tip șir de caractere (*literal*) se reprezintă în două moduri:

- prin `'șir'` sau `"șir"`, dacă dorim ca șirul respectiv să fie considerat ca fiind scris pe o singură linie (sunt ignorate caracterele `newline`);
- prin `'''șir'''` sau `"""șir"""`, dacă dorim ca șirul respectiv să fie considerat ca fiind scris pe mai multe linii (nu sunt ignorate caracterele `newline`).

Exemplu:

```

1 sir_1 = "Acesta este, de fapt, \"
2         \"un sir scris \" \"
3         \" \"
4         \"pe o singura linie!\"
5
6 print(sir_1)
7
8 sir_2 = """Acesta este
9           un sir scris
10
11           pe mai multe linii linie!"""
12
13 print(sir_2)
14

```

```

Run: Test_curs
"C:\Program Files (x86)\Python38-32\python.exe" "C:/Users/Ours/One
Acesta este, de fapt, un sir scris pe o singura linie!
Acesta este
    un sir scris
    pe mai multe linii linie!
Process finished with exit code 0

```

Într-un șir de caractere se pot insera *secvențe escape*, la fel ca în limbajele C/C++: `\n` (linie nouă), `\t` (tab), `\\` (backslash) etc. (pentru mai multe detalii consultați pagina <http://www.python-ds.com/python-3-escape-sequences>).

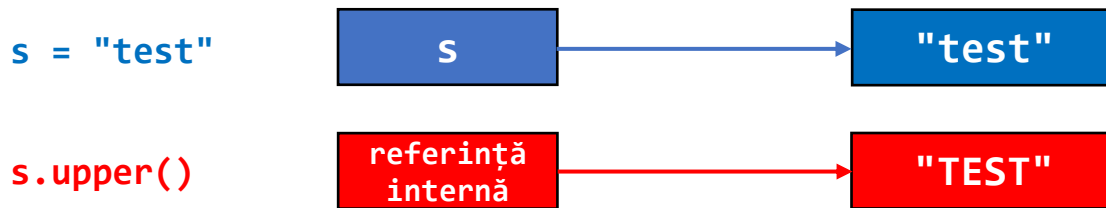
O proprietate foarte importantă a șirurilor de caractere o constituie faptul că sunt *imutabile*, respectiv valoarea unui obiect de tip șir de caractere nu mai poate fi modificată după crearea sa, ci se poate modifica doar o referință spre el. Din acest motiv, nicio metoda din clasa `str` nu va modifica efectiv șirul curent (cel care apelează metoda respectivă), ci va crea un nou șir! De exemplu, să considerăm următoarea secvență de cod, care va afișa șirul `test`:

```

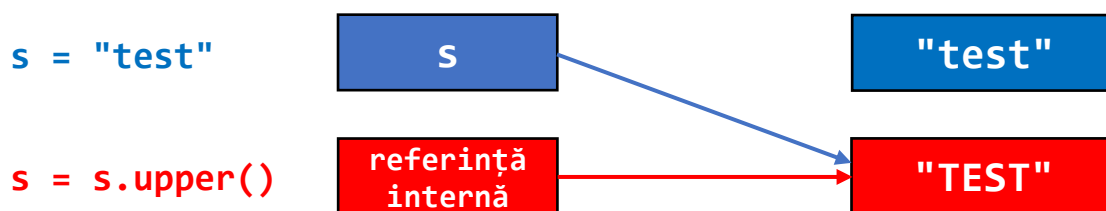
s = "test"
s.upper()
print(s)      #test

```

Practic, metoda `upper()` nu va transforma literele mici ale șirului `s` în litere mari, ci va genera un nou șir, obținut prin transformarea literelor mici ale șirului `s` în litere mari:

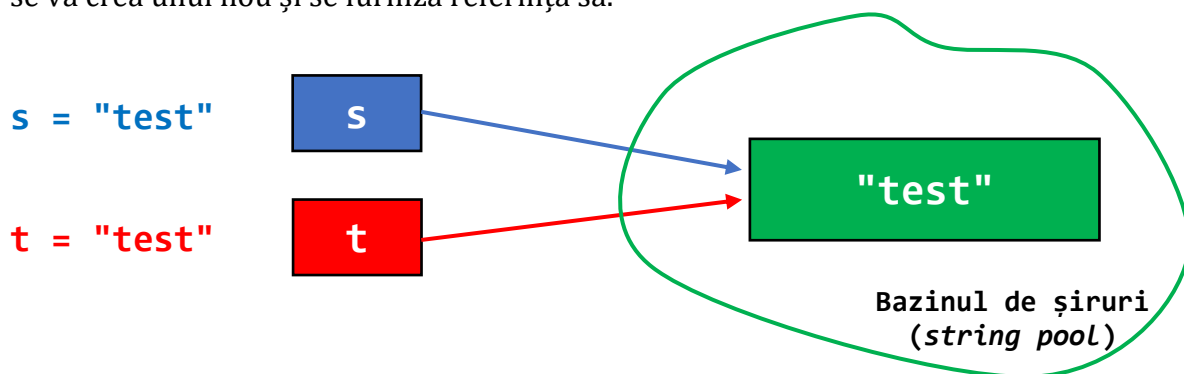


Pentru a modifica efectiv șirul `s`, trebuie să modificăm referința conținută de el în referința internă asociată șirului generat prin apelul `s.upper()`:



Obiectul conținând șirul `"test"` va fi șters automat din memorie de *Garbage Collector* după ce nu va mai exista nicio referință activă spre el.

Pentru stocarea șirurilor de caractere în memoria internă, limbajul Python utilizează mecanismul *string interning*, prin care se stochează în memorie o singură copie a fiecărui șir de caractere distinct utilizat în cadrul unui program. Astfel, obiectele de tip șir de caractere sunt păstrate într-un bazin de șiruri (*string pool*), iar în momentul în care o variabilă este inițializată cu un șir constant se verifică dacă acesta există deja în bazin sau nu. În caz afirmativ, nu se mai creează un nou obiect de tip șir, ci variabila de tip șir va primi direct referința șirului existent din bazin, iar în cazul în care șirul nu există în bazin se va crea unul nou și se furniza referința sa.



Funcționarea corectă a mecanismul *string interning* se bazează pe imutabilitatea șirurilor de caractere, respectiv pe faptul că nu putem să modificăm conținutul unui șir după crearea sa. În caz contrar, dacă șirurile de caractere ar fi fost *mutable*, modificarea unui obiect de tip șir din bazinul de șiruri ar fi condus la modificarea implicită a tuturor șirurilor care conțin referința sa!

Utilizarea mecanismului *string interning* prezintă mai multe avantaje, cele mai importante fiind micșorarea spațiului de memorie utilizat pentru stocarea șirurilor și creșterea vitezei de comparare a lor. Fără utilizarea bazinului de șiruri, compararea a două șiruri de caractere s și t prin $s == t$ necesită compararea caracterelor aflate pe aceleași poziții, deci complexitatea computațională va fi $\mathcal{O}(\text{len}(s))$. În cazul utilizării bazinului de șiruri, compararea $s == t$ a două șiruri de caractere poate fi înlocuită cu compararea $s \text{ is } t$ a referințelor obiectelor asociate, ceea ce revine la compararea a două numere întregi (i.e., $\text{id}(s) == \text{id}(t)$), deci complexitatea computațională va fi doar $\mathcal{O}(1)$!!!

În *mod implicit*, un șir este salvat în bazinul de șiruri dacă face parte din sintaxa limbajului Python (i.e., șirul este un cuvânt cheie, denumirea unei funcții/clase/varibile etc.) sau are lungimea cel mult 1 (i.e., este șirul vid sau este format dintr-un singur caracter). Orice alt șir de caractere este salvat în bazinul de șiruri dacă îndeplinește următoarele condiții:

- lungimea sa este cel mult 4096;

```
s = "a" * 4096
t = "a" * 4096
print(s == t)    #True
print(s is t)    #True

s = "a" * 4097
t = "a" * 4097
print(s == t)    #True
print(s is t)    #False
```

- valoarea sa poate fi determinată în momentul compilării;

```
s = "test"
t = "te" + "st"
print(s == t)    #True
print(s is t)    #True

s = "test"
x = "st"
t = "te" + x
print(s == t)    #True
print(s is t)    #False
```

- toate caracterele sunt caractere ASCII (condiția nu este obligatorie în toate implementările Python).

În *mod explicit*, un șir poate salvat în bazinul de șiruri dacă se utilizează metoda `intern(șir)` din modulul `sys`:

```
import sys

s = "test"
x = "st"
t = "te" + x
print(s is t)    #False
```

```
s = "test"
x = "st"
t = sys.intern("te" + x)
print(s is t)           #True
```

Atenție, metoda `sys.intern(șir)` este lentă, deci trebuie utilizată doar dacă acest lucru este absolut necesar (de exemplu, dacă în programul respectiv se vor efectua multe comparații de șiruri care nu sunt implicit supuse procesului de *string interning*)!

Mai multe detalii referitoare la mecanismul *string interning* din limbajul Python găsiți în pagina <https://stackabuse.com/guide-to-string-interning-in-python/>.

Accesarea elementelor unui șir de caractere

Elementele unui șir de caractere pot fi accesate în mai multe moduri, astfel:

a) prin indici pozitivi sau negativi

În limbajul Python, oricărei secvențe (*mulțime iterabilă*) de lungime n îi sunt asociați atât indici pozitivi, cuprinși între 0 și $n - 1$ de la stânga spre dreapta, cât și indici negativi, cuprinși între $-n$ și -1 de la stânga la dreapta.

Exemplu: pentru șirul `s = "programare"` avem asociați următorii indici:

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
s	'p'	'r'	'o'	'g'	'r'	'a'	'm'	'a'	'r'	'e'
	-10	-9	-8	-7	-6	-5	-4	-3	-2	-1

Astfel, al patrulea caracter din șir (litera 'g'), poate fi accesat atât prin `s[3]`, cât și prin `s[-7]`. Atenție, accesarea unui caracter va fi de tip *read-only* (doar în citire), deoarece șirurile sunt imutabile! De exemplu, instrucțiunea `s[6] = 'd'` o să genereze, în momentul executării programului, eroarea `"TypeError: 'str' object does not support item assignment"`. Totuși, caracterul aflat într-un șir `s` pe o poziție `p` validă (cuprinsă între 0 și `len(s) - 1`) poate fi modificat sau șters construind un nou șir a cărui referință va înlocui referința inițială:

```
s = s[:p] + "caracter_nou" + s[p+1:]    (modificare)
s = s[:p] + s[p+1:]                     (ștergere)
```

b) prin secvențe de indici pozitivi sau negativi (slice)

Expresia `șir[st:dr]` extrage din șirul dat subșirul cuprins între pozițiile `st` și `dr-1`, dacă `st ≤ dr`, sau șirul vid în caz contrar.

Exemple:

```
s[1:4] = s[-9:-6] = "rog"
s[:4] = s[0:4] = "prog"
s[4:] = "ramare"
s[5:2] = "" (deoarece 5 > 2)
```

```
s[5:2:-1] = "arg"
s[:] = "programare" (întregul șir)
s[::-1] = "eramargorp" (șirul oglindit)
s[-9:4] = "rog"
```

Operatori pentru șiruri de caractere

În limbajul Python sunt definiți următorii operatori pentru manipularea șirurilor de caractere:

- a) *operatorul de concatenare*: +
Exemplu: "un" + " " + "exemplu" = "un exemplu"
- b) *operatorul de multiplicare* (concatenare repetată): *
Exemplu: "test" * 3 = 3 * "test" = "testtesttest"
- c) *operatorii pentru testarea apartenenței*: in, not in
Exemplu: expresia "est" in "atestat" va avea valoarea True
- d) *operatorii relaționali* (comparări lexicografice): <, <=, >, >=, ==, !=
Exemplu: expresia "Popa" <= "Popescu" va avea valoarea True, iar expresia "POPA" == "Popa" va avea valoarea True

Funcții predefinite pentru șiruri de caractere

În limbajul Python sunt predefinite mai multe funcții (*built-in functions* - <https://docs.python.org/3/library/functions.html>), dintre care unele pot fi utilizate pentru mai multe tipuri de date. De exemplu, funcția len(secvență) va furniza numărul de elemente dintr-o secvență (iterabil), indiferent dacă aceasta este o listă sau un șir de caractere. Funcțiile predefinite care se pot utiliza pentru șiruri de caractere sunt următoarele:

- a) len(șir): furnizează numărul de caractere unui șir (lungimea șirului)
Exemplu: len("test") = 4
- b) str(expresie): transformă valoarea expresiei într-un șir de caractere
Exemplu: str(123) = "123", str(1+2==3) = "True"
- c) min(șir) / max(șir): furnizează caracterul minim/maxim în sens lexicografic (alfabetic) din șirul respectiv (atenție, literele mari sunt mai mici, din punct de vedere lexicografic, decât literele mici!)
Exemplu: min("Examene") = "E", max("examene") = "x"
- d) ord(caracter): furnizează codul Unicode asociat caracterului respectiv
Exemplu: ord("A") = 65
- e) chr(număr): furnizează caracterul având codul Unicode respectiv
Exemplu: chr(65) = "A"

Metode pentru prelucrarea șirurilor de caractere

Metodele pentru prelucrarea șirurilor de caractere sunt, de fapt, metodele încapsulate în clasa `str`. Așa cum am precizat anterior, șirurile de caractere sunt *imutabile*, deci metodele respective nu vor modifica șirul curent, ci vor genera un nou șir care va conține rezultatul prelucrării șirului inițial. Din acest motiv, metodele clasei `str` se vor apela, de obicei, în cadrul unei expresii de forma următoare: `șir = șir.metodă(parametrii)`. De exemplu, pentru a transforma toate literele mici ale unui șir în litere mari, vom utiliza expresia `șir = șir.upper()`.

În continuare, vom prezenta mai multe metode pentru prelucrarea șirurilor de caractere, cu observația că parametrii scriși între paranteze drepte sunt opționali:

a) metode pentru formatare

- `strip([caractere])`: furnizează șirul obținut din șirul curent prin eliminarea celui mai lung prefix și celui mai lung sufix formate doar din caracterele indicate prin parametrul opțional de tip șir.

Exemplu:

```
s = "www.example.org"
s = s.strip("...misgrown?!")
print(s)                                #example
```

Dacă metoda este apelată fără parametru, atunci metoda va furniza șirul obținut din șirul curent prin eliminarea celui mai lung prefix și celui mai lung sufix formate doar din spații albe:

```
s = "    www.python.org    "
s = s.strip()
print(s)                                #www.python.org
```

- `center(lățime, [caracter])`: furnizează șirul obținut prin centrarea șirului inițial folosind caracterul indicat.

Exemplu:

```
s = "www.python.org"
s = s.center(30, ".")
print(s)                                #.....www.python.org.....
```

Dacă metoda este apelată fără parametru, atunci metoda va furniza șirul obținut prin centrarea șirului inițial folosind spații:

```
s = "www.python.org"
s = s.center(30)
print(s)                                #          www.python.org
```

- `format(număr variabil de parametrii)`: furnizează șirul obținut prin înlocuirea câmpurilor variabile din șirul curent (marcate prin `{}`) cu parametrii metodei.

Parametrii metodei `format(...)` pot fi accesați de câmpurile variabile din șirul curent prin mai multe modalități:

- *accesare secvențială* (primul câmp variabil din șir va fi înlocuit cu primul parametru al metodei, al doilea câmp va fi înlocuit cu al doilea parametru etc.):

```
s = "Ana are {} mere {}!"
s = s.format(5, "roșii")
print(s)                                #Ana are 5 mere roșii!
```

- *accesare pozițională* (fiecare câmp variabil din șir va conține numărul de ordine al parametrului metodei cu care va fi înlocuit):

```
s = "Ana are {1} mere {0}!"
s = s.format("roșii", 3+4)
print(s)                                #Ana are 7 mere roșii!
```

- *accesare prin parametri cu nume* (fiecare câmp variabil din șir va conține numele parametrului metodei cu care va fi înlocuit):

```
s = "Ana are {numar} mere {culoare}!"
s = s.format(culoare="roșii", numar=3)
print(s)                                #Ana are 3 mere roșii!
```

Metoda `format` permite crearea dinamică a unor șiruri de caractere. O descriere detaliată a modalităților de utilizare a sa puteți găsi în următoarea pagină web: <https://docs.python.org/3.8/library/string.html#formatstrings>.

b) *metode pentru transformări la nivel de caracter*

- `lower()`: furnizează șirul obținut din șirul inițial prin transformarea tuturor literelor mari în litere mici;
- `upper()`: furnizează șirul obținut din șirul inițial prin transformarea tuturor literelor mici în litere mari;
- `swapcase()`: furnizează șirul obținut din șirul inițial prin transformarea tuturor literelor mici în litere mari și invers;
- `title()`: furnizează șirul obținut din șirul inițial prin transformarea primei litere a fiecărui cuvânt în literă mare, restul literelor fiind transformate în litere mici;
- `capitalize()`: furnizează șirul obținut din șirul inițial prin transformarea primei sale litere în literă mare, restul literelor fiind transformate în litere mici.

Example:

```
s = "amINTiri DIN CopilăRIE..."
print(s)                                #amINTiri DIN CopilăRIE...
print(s.lower())                        #amintiri din copilărie...
print(s.upper())                        #AMINTIRI DIN COPILĂRIE...
print(s.swapcase())                    #AMinTIRI din cOPILĂrie...
print(s.title())                        #Amintiri Din Copilărie...
print(s.capitalize())                  #Amintiri din copilărie...
```

c) *metode pentru clasificare*

Metodele din această categorie verifică dacă toate caracterele șirului curent sunt de un anumit tip și returnează `True` sau `False`:

- `isascii()`: verifică dacă toate caracterele șirului sunt caractere ASCII (au codul cuprins între 0 și 127);
- `isalpha()`: verifică dacă toate caracterele șirului sunt litere;
- `isdigit()`: verifică dacă toate caracterele șirului sunt cifre;
- `isnumeric()`: verifică dacă toate caracterele șirului sunt caractere numerice;
- `isalnum()`: verifică dacă toate caracterele șirului sunt alfanumerice (i.e., sunt litere sau cifre);
- `isspace()`: verifică dacă toate literele din șir sunt spații albe (blank, tab etc.);
- `islower()`: verifică dacă toate literele din șir sunt litere mici, iar șirul poate să mai conțină și alte caractere care nu sunt litere (de exemplu, cifre sau semne de punctuație);
- `isupper()`: verifică dacă toate literele din șir sunt litere mari, iar șirul poate să mai conțină și alte caractere care nu sunt litere;
- `istitle()`: verifică dacă prima literă a fiecărui cuvânt este literă mare, iar restul literelor sunt mici.

Example:

```
s = "Ana are 123 de mere!!!"
print(s.isascii())           #True
print(s.isalpha())           #False

s = "Anul2020"                #True
print(s.isalnum())

s = "Ana Are 123 De Mere!!!"
print(s.istitle())            #True

s = "123\u00BD"                #s = 123½
print(s.isdigit())            #False
print(s.isnumeric())          #True

s = "ANA ARE  mere și pere!"
print(s[3:10].islower())      #False
print(s[0:7].isupper())       #True
print(s[7:9].isspace())       #True
```

d) *metode pentru căutare*

- `count(subșir, [start], [stop])`: furnizează numărul aparițiilor disjuncte ale subșirului indicat în șirul curent. Parametrii opționali `start` și `stop` pot fi utilizați pentru a specifica poziții din șir între care să fie căutat subșirul respectiv (se va considera inclusiv poziția `start` și exclusiv poziția `stop`).

Exemplu:

```
s = "Hahahahahahaha..."
print(s.count("haha"))        #3

s = "Ana are mere în camerele casei sale."
```



```
print(s.count("mere"))           #2
print(s.count("mere", 15))       #1
```

- `find(subșir, [start], [stop])`: furnizează cel mai mic indice la care începe subșirul dat în șirul curent sau -1 dacă subșirul dat nu apare în șirul curent. Parametrii opționali `start` și `stop` pot fi utilizați pentru a specifica poziții din șir între care să fie căutat subșirul respectiv (se va considera inclusiv poziția `start` și exclusiv poziția `stop`).

Exemplu:

```
s = "Ana are mere în camerele casei sale."
print(s.find("mere"))           #8
print(s.find("pere"))           #-1
```

- `rfind(subșir, [start], [stop])`: furnizează cel mai mare indice la care începe subșirul dat în șirul curent sau -1 dacă subșirul dat nu apare în șirul curent. Parametrii opționali `start` și `stop` pot fi utilizați pentru a specifica poziții din șir între care să fie căutat subșirul respectiv (se va considera inclusiv poziția `start` și exclusiv poziția `stop`).

Exemplu:

```
s = "Ana are mere în camerele casei sale."
print(s.rfind("mere"))          #18
print(s.rfind("pere"))          #-1
```

- `startswith(prefix, [start], [stop])`: verifică dacă șirul curent are prefixul indicat sau nu.

Exemple:

```
s = "programare"
print(s.startswith("pro"))       #True
print(s.startswith("gram", 2))   #False
print(s.startswith("gram", 3))   #True
print(s.startswith("gram", 3, 6)) #False
```

- `endswith(sufix, [start], [stop])`: verifică dacă șirul curent are sufixul indicat sau nu.

Exemple:

```
s = "programare"
print(s.endswith("are"))         #True
print(s.endswith("mare", 7))     #False
print(s.endswith("mare", 4))     #True
print(s.endswith("mare", 4, 8))  #False
```

- `replace(subșir, subșir_nou, [max])`: furnizează șirul obținut din șirul curent prin înlocuirea tuturor aparițiilor subșirului indicat cu noul subșir. Parametrul opțional `max` poate fi utilizat pentru a înlocui doar primele `max` apariții ale subșirului dat cu noul subșir.

Exemple:

```
s = "Ana are ore de floretă cu Dorel!"
s = s.replace("ore", "in")
print(s)           #Ana are in de flintă cu Dinl!

s = "Ana are ore de floretă cu Dorel!"
s = s.replace("ore", "in", 2)
print(s)           #Ana are in de flintă cu Dorel!

s = "Ana are ore de floretă cu Dorel!"
s = s.replace("are", "va avea")
print(s)           #Ana va avea ore de floretă cu Dorel!

s = "Ana are ore de floretă cu Dorel!"
s = s.replace("ore", "")
print(s)           #Ana are  de fltă cu Dl!
```

e) *metode pentru împărțirea/construirea unui șir în/din subșiruri:*

- `split(separator)`: furnizează o listă care conține subșirurile obținute din șirul curent considerând separatorul indicat (implicit, spațiile albe sunt considerate separatori).

Exemple:

```
s = "Ana are      ore      de floretă cu Dorel!"
w = s.split()
print(w)      #['Ana', 'are', 'ore', 'de', 'floretă', 'cu', 'Dorel!']

s = "Ana are ore de floretă cu Dorel!"
w = s.split("e")
print(w)      #['Ana ar', ' or', ' d', ' flor', 'tă cu Dor', 'l!']

w = s.split("ore")
print(w)      #['Ana are ', ' de fl', 'tă cu D', 'l!']
```

- `join(listă_subșiruri)`: furnizează șirul obținut prin concatenarea subșirurilor date, folosind ca separator șirul curent.

Exemple:

```
s = " ".join(["Ana", "are", "mere", "!"])
print(s)      #Ana are mere !

s = "Ana are ore de floretă cu Dorel!"
w = "...".join(s.split())
print(w)      #Ana...are...ore...de...floretă...cu...Dorel!
```

În afara metodelor prezentate mai sus, clasa `str` conține și alte metode utile pentru prelucrarea șirurilor de caractere. O prezentare detaliată a lor găsiți în pagina <https://docs.python.org/3/library/stdtypes.html?#string-methods>.