Laboratorio di Informatica T (Ch6)

Definizione di Funzioni

Limiti degli Script in Matlab

Supponiamo di avere il nostro algoritmo per $\zeta(s)$ in uno script:

```
s = 3;
z = 0;
old_z = -1;
n = 1;
for i = 1:10000
  z = z + 1 ./ n.^s;
  if abs(z - old_z) < 1e-6
    break
  end
  old_z = z;
end
```

Limiti degli Script in Matlab

Supponiamo di avere il nostro algoritmo per $\zeta(s)$ in uno script:

```
s = 3;
z = 0;
old_z = -1;
n = 1;
for i = 1:10000
  z = z + 1 ./ n.^s;
  if abs(z - old_z) < 1e-6
    break
  end
  old_z = z;
end
```

- Possiamo eseguirlo molte volte, ma sempre con `s = 3`
- Per cambiare `s`, dobbiamo modificare lo script
- Se $\zeta(s)$ va valutata spesso, diventa molto scomodo

Limiti degli Script

I file di script sono utili per:

- Effettuare test
- Eseguire una analisi di dati specifici
- Risolvere un preciso problema numerico

Non sono adatti a definire un algoritmo riutilizzabile

Per tali casi possiamo definire una nuova funzione

- Una funzione è un sotto-programma (come uno script)
- Ma può ricevere dei parametri
- E può restituire un risultato

Stiamo usando funzioni già dalla prima lezione!

Definizione di Funzioni in Octave

Per definire una nuova funzione si usa la sintassi:

```
function <res> = <nome funz.>(<p1>, <p2>, ...)
  <corpo>
end
```

- `<fn>` è il nome della funzione
- `<pXX>` sono nomi di variabili (si chiamano parametri formali)
- `<res>` è il nome della variabile da restituire

Si chiama interfaccia di una funzione l'insieme del suo nome, dei parametri e delle variabili di ritorno

Definizione di Funzioni in Octave

Per definire una nuova funzione si usa la sintassi:

```
function <res> = <nome funz.>(<p1>, <p2>, ...)
  <corpo>
end
```

Usiamo come esempio la nostra Zeta di Riemann:

```
function z = zeta(s)
  ...
end
```

- La funzione si chiama **`zeta`**
- Riceve in ingresso un singolo parametro, internamente chiamato **`s`**
- Restituisce un singolo valore, internamente chiamato **`z`**

Semantica di una Chiamata a Funzione

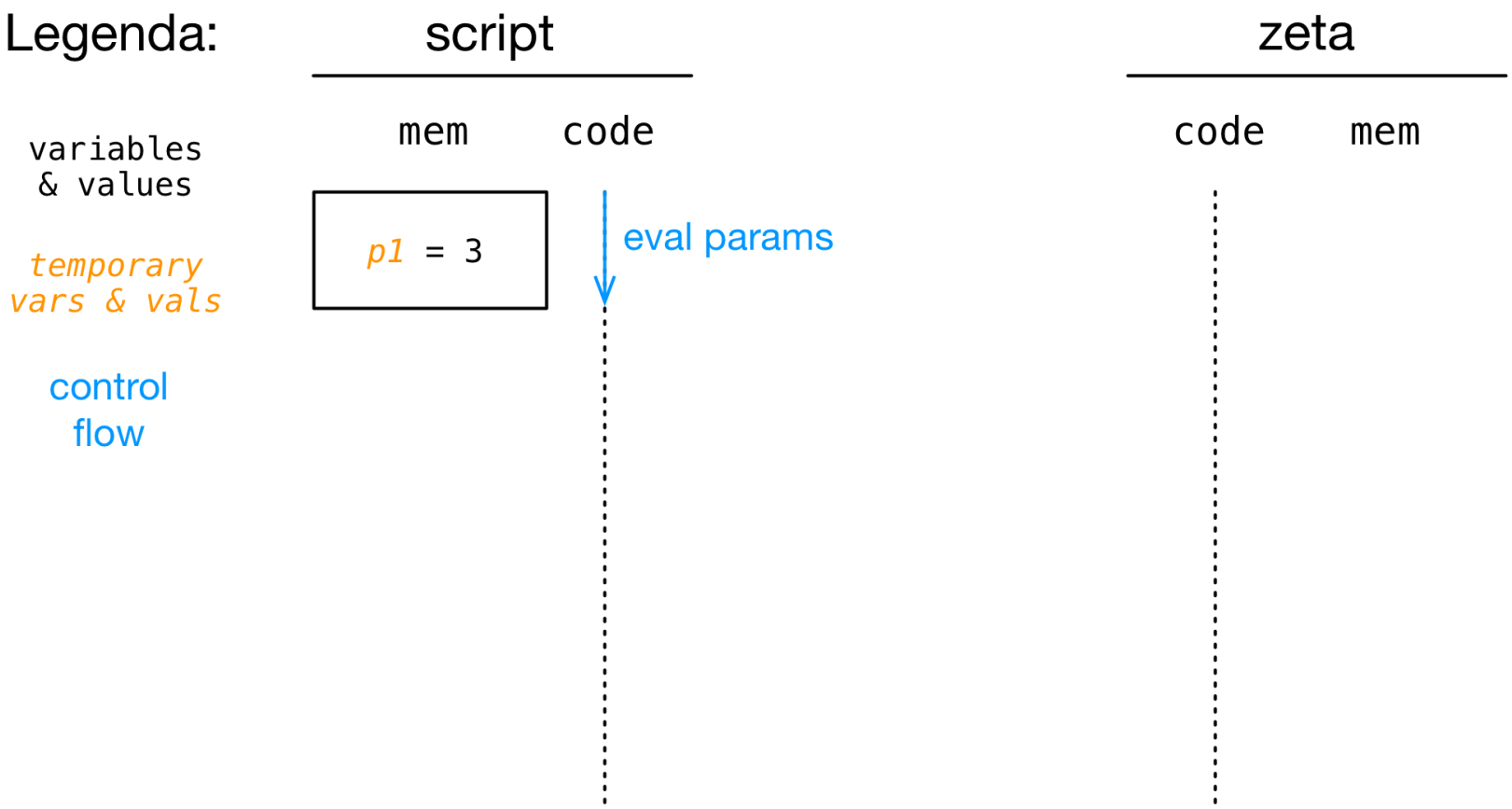
Semantica di una Chiamata a Funzione

Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?

- Chiamante: lo script, chiamato: `zeta`

Semantica di una Chiamata a Funzione

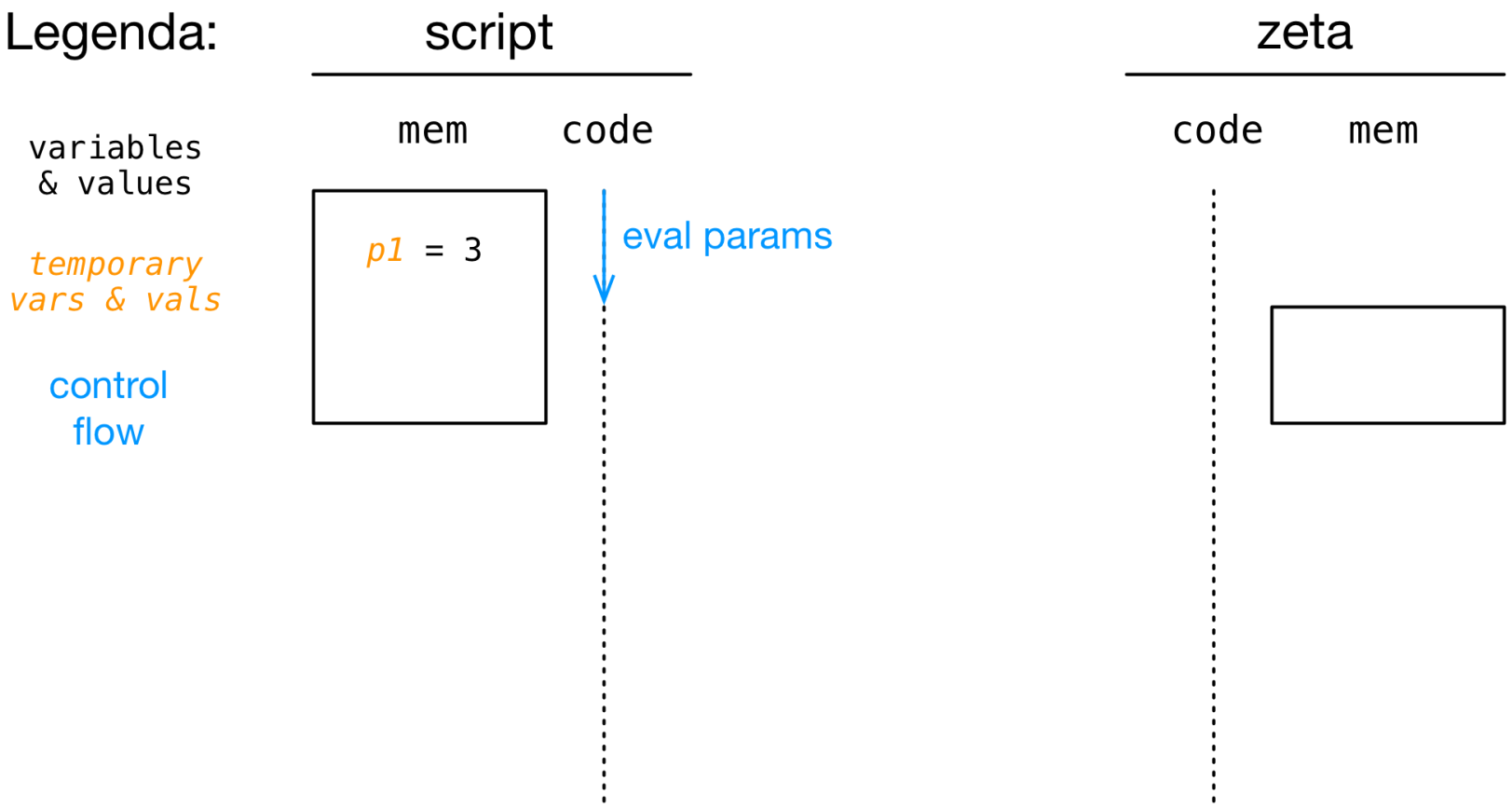
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- Step 1: valutazione dei parametri nel chiamante (detti parametri attuali)

Semantica di una Chiamata a Funzione

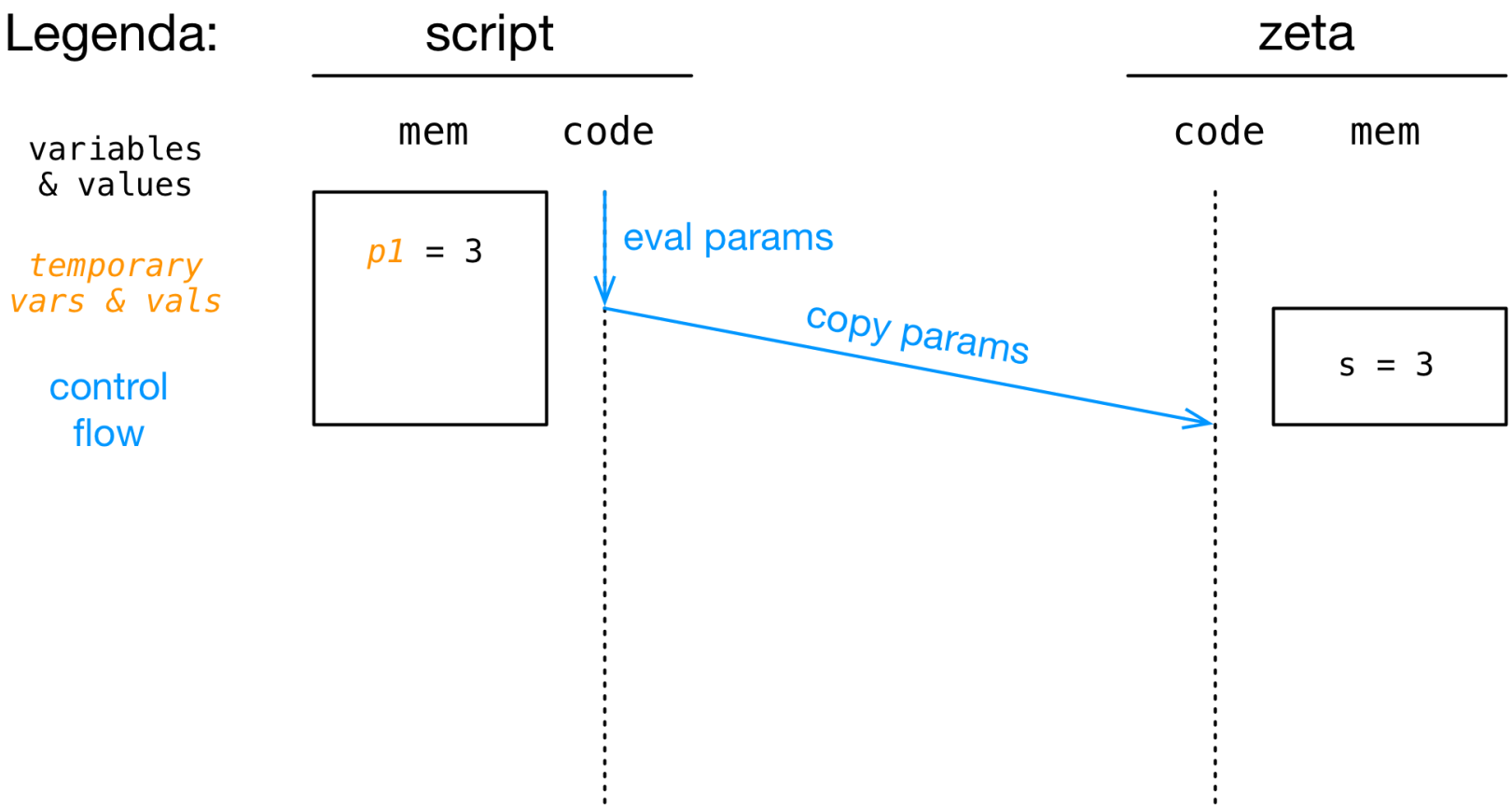
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- Step 1: viene allocata memoria per la funzione (il suo record di attivazione)

Semantica di una Chiamata a Funzione

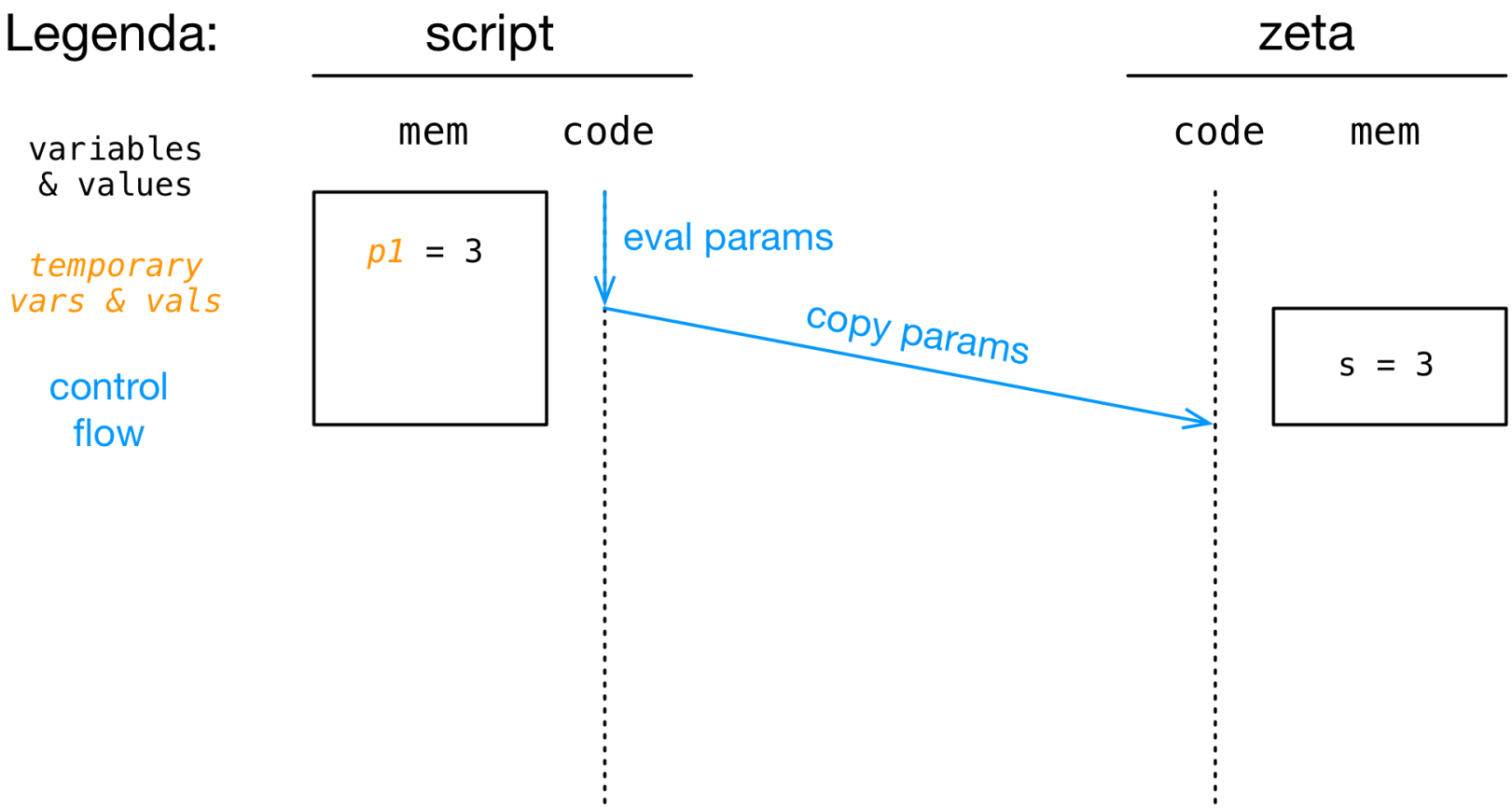
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- Step 3: i valori dei parametri attuali sono copiati nei parametri formali

Semantica di una Chiamata a Funzione

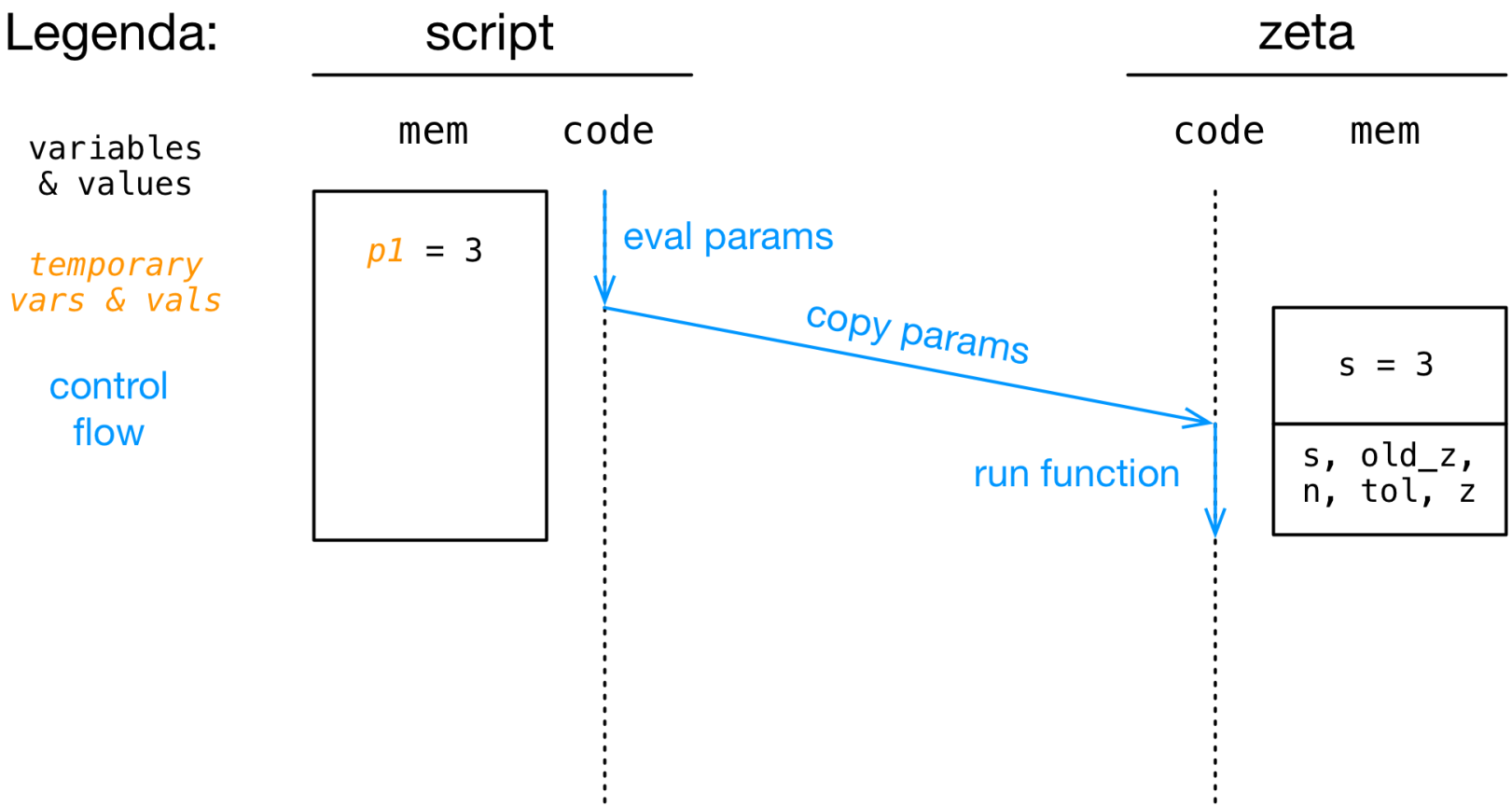
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- Parametri formali = sono semplicemente delle variabili
- Il loro nome è specificato nell'interfaccia

Semantica di una Chiamata a Funzione

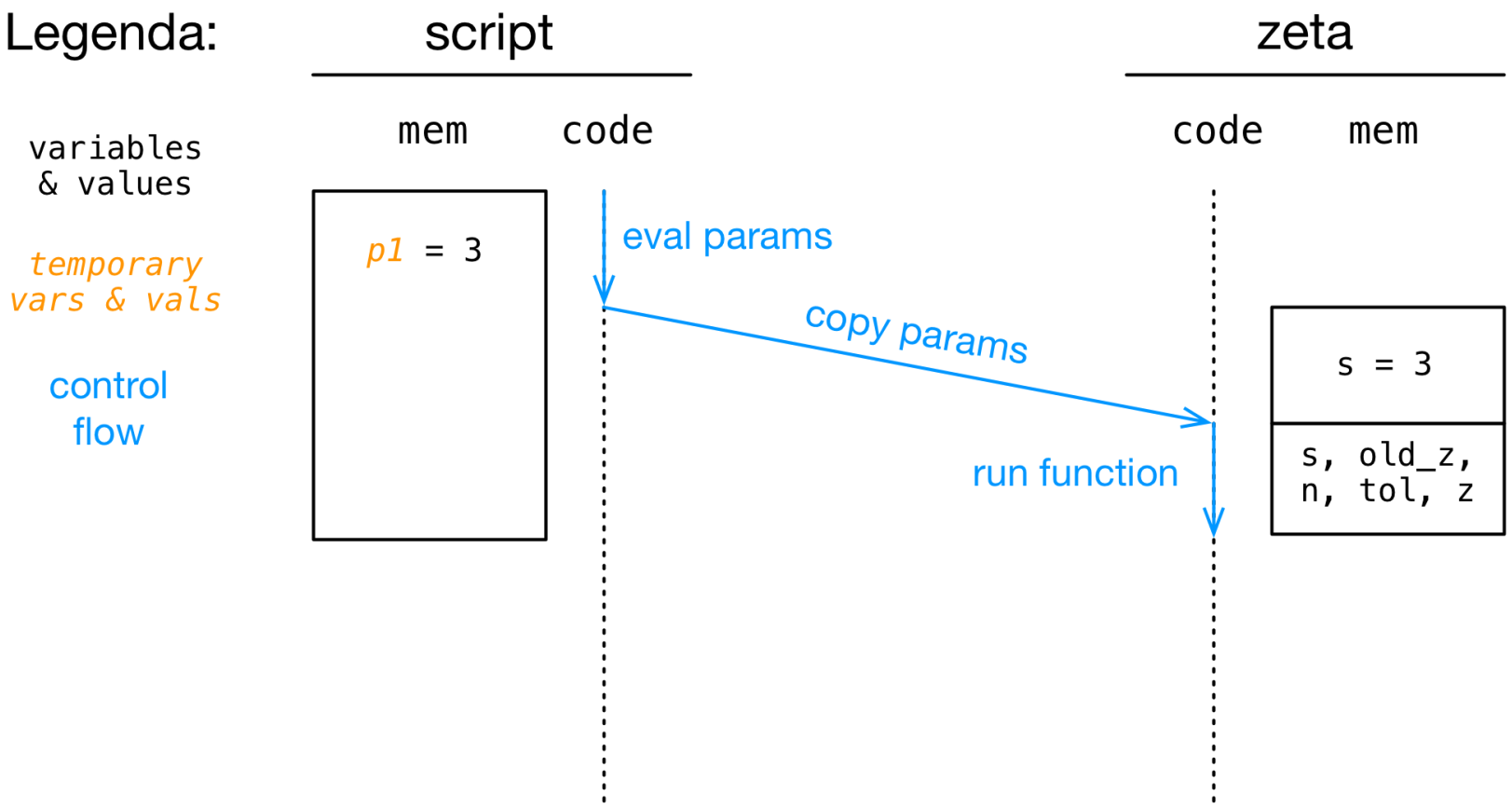
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- Step 4: Viene eseguita la funzione

Semantica di una Chiamata a Funzione

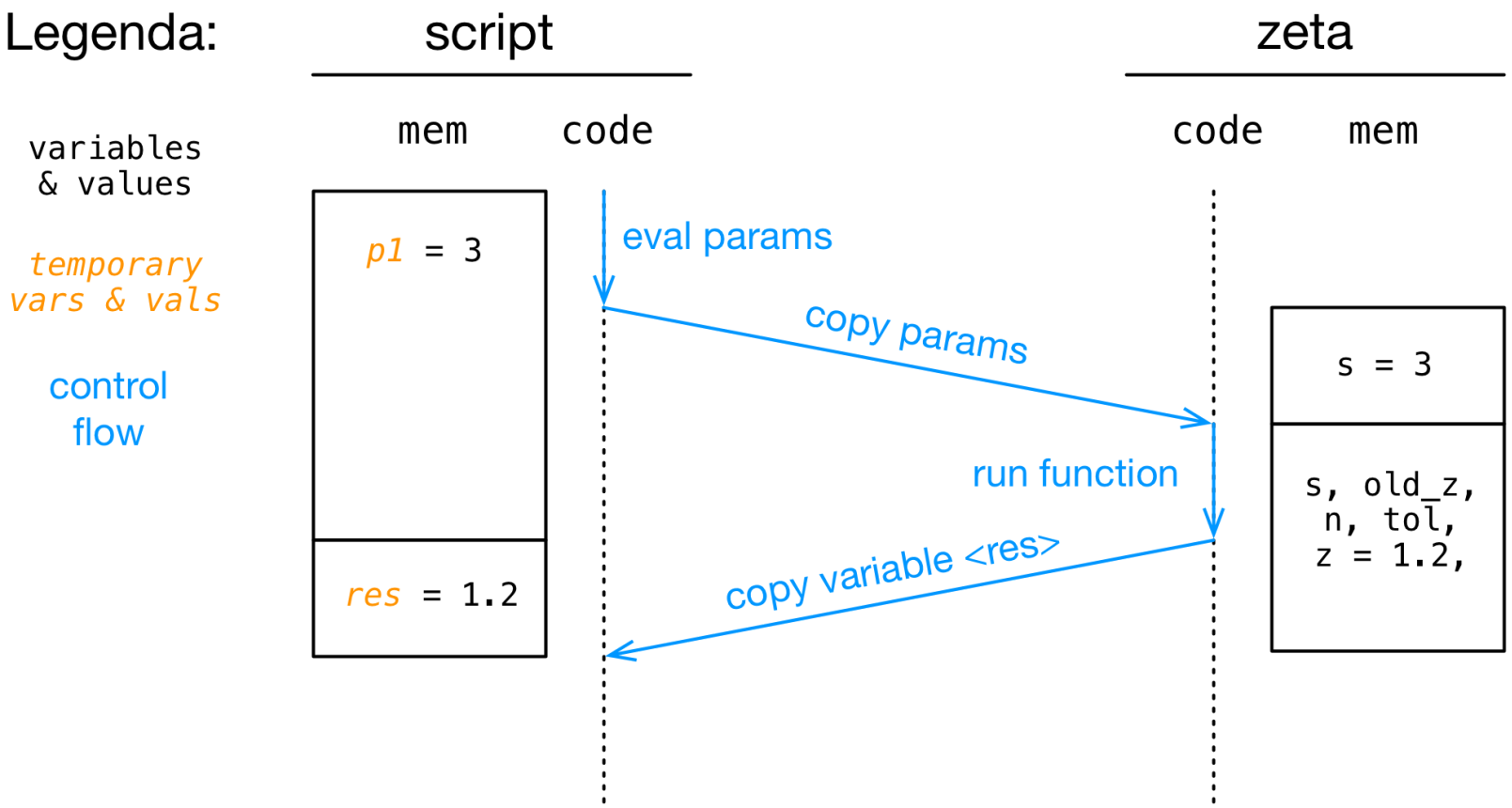
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- **Nota**: le variabili della funzione sono definite nel suo record di attivazione

Semantica di una Chiamata a Funzione

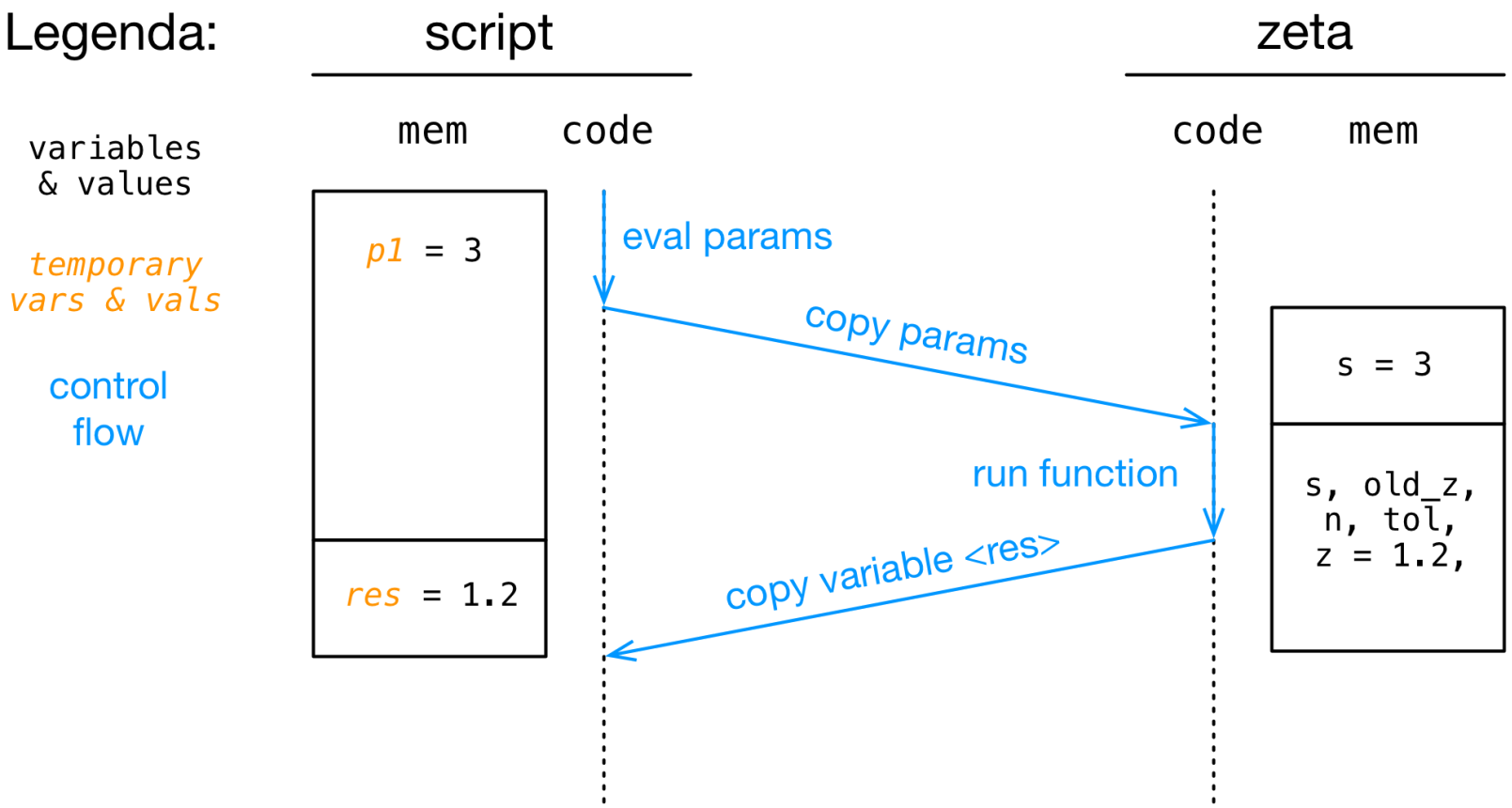
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- Step 5: la funzione termina (`z` vale circa `1.2`)

Semantica di una Chiamata a Funzione

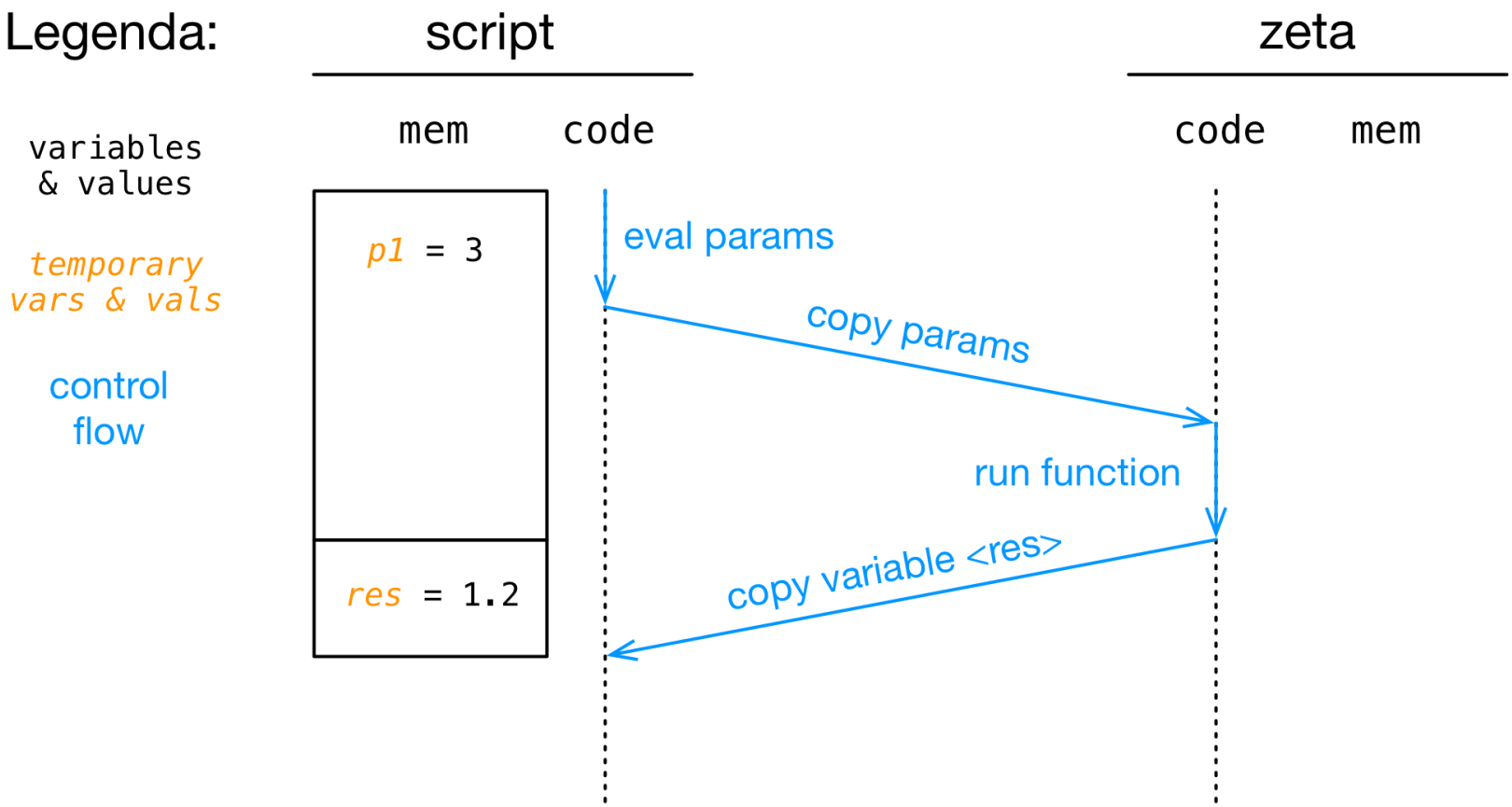
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- Step 6: il valore di `z` (variabile di ritorno) viene copiato nel chiamante

Semantica di una Chiamata a Funzione

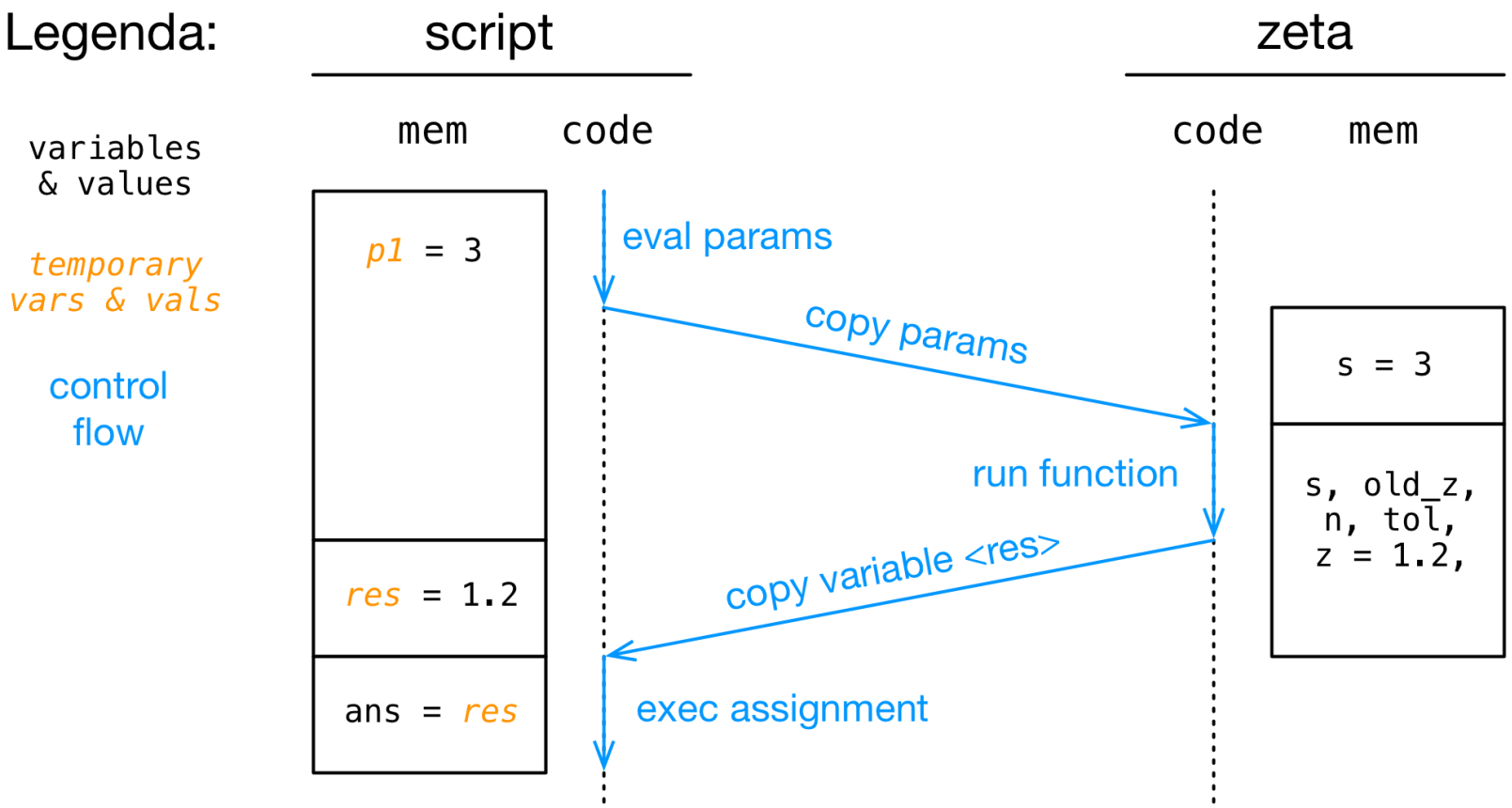
Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- Step 7: il record di attivazione viene distrutto

Semantica di una Chiamata a Funzione

Cosa succede quando eseguiamo (e.g.) `zeta(3)`+[INVIO]?



- In questo caso il risultato viene assegnato ad **`ans`**

Qualche Osservazione

Qualche considerazione, usando la nostra `zeta` come esempio:

```
function z = zeta(s)
  z = 0;
  old_z = -1;
  ...
end
```

Quando la funzione viene chiamata:

- Viene predisposto un spazio di memoria dedicato alla chiamata…
- …questo si chiama record di attivazione

Il record di attivazione viene distrutto quando il corpo della funzione termina

Qualche Osservazione

Qualche considerazione, usando la nostra `zeta` come esempio:

```
function z = zeta(s)
  z = 0;
  old_z = -1;
  ...
end
```

Le variabili definite all'interno della funzione (`z`, `old_z`...):

- Si dicono variabili locali
- Vengono allocate nel record di attivazione
- Quindi vengono distrutte quando la chiamata termina!

Qualche Osservazione

Qualche considerazione, usando la nostra `zeta` come esempio:

```
function z = zeta(s)
  z = 0;
  old_z = -1;
  ...
end
```

I parametri formali (`s` in questo caso) sono variabili locali:

- Vengono definite da Matlab al momento della chiamata
- Al loro interno viene inserito il valore dei parametri attuali

I parametri attuali (`3` in `zeta(3)`) sono valori:

- Vengono ottenuti valutando le espressioni passate come argomento

Qualche Osservazione

Qualche considerazione, usando la nostra `zeta` come esempio:

```
function z = zeta(s)
  ...
end

zeta(3) % Un solo parametro, in questo caso
```

Il passaggio di parametri è posizionale:

- L'espressione passata come argomento i-mo…
- …Viene valutata e denota il parametro attuale i-mo…
- …Che viene copiato nel parametro formale i-mo

Qualche Osservazione

Qualche considerazione, usando la nostra `zeta` come esempio:

```
function z = zeta(s)
   ...
end

zeta()   % Manca il valore del parametro!!!
```

Se alcuni parametri attuali vengono omessi nella chiamata:

- Matlab non definisce i parametri formali corrispondenti
- Nella funzione, la variabile (e.g.) `s` non è disponibile
- Al primo tentativo di accesso, Matlab solleva un errore
  - Tipicamente: **`Not enough input arguments`**

Qualche Osservazione

Qualche considerazione, usando la nostra `zeta` come esempio:

```
function z = zeta(s)
  z = 0;
  old_z = -1;
  ...
end
```

La variabile di ritorno (in queso caso `z`)

- È una variabile locale
- Al termine della chiamata, il suo contenuto è restituito al chiamante
- Se ci siamo dimenticati di assegnarvi un valore…
- …Al chiamante non arriva nulla!

Qualche Osservazione

Qualche considerazione, usando la nostra `zeta` come esempio:

```
function z = zeta(s)
  ...
  if abs(z - old_z) < 1e-6 % chiamiamo "abs"!
  ...
end
```

Il corpo di una funzione può contenere una chiamata a funzione:****

- In questo caso l'intero processo si ripete
- Si predispone un record di attivazione per la nuova chiamata, etc.
- Succede di continuo!
- Ricordate: oersino gli operatori aritmetici sono funzioni!

Ambienti e Regole di Visibilità

Ambienti e Regole di Visibilità

Abbiamo visto che:

- Ogni chiamata a funzione ha il suo spazio di memoria
- Anche lo script principale ha un suo spazio di memoria

Questi spazi di memoria si chiamano ambienti. Vale la regola che:

Le variabili in un ambiente sono accessibili (visibili) solo per il codice "proprietario" dell'ambiente

In sintesi:

- Le variabili dello script sono visibili solo nello script
- Le variabili locali sono visibili solo nella funzione

Interazione con l'Ambiente Corrente

È possibile ispezionare l'ambiente corrente utilizzando i comandi:

```
who % stampa i nomi delle variabili definite
whos % stampa i nomi + altre informazioni
```

È possibile eliminare una variabile utilizzando:

```
clear <nome variabile>
```

Come abbiamo visto, eliminiamo tutte le variabili con:

```
clear all
```

Chiamate a Funzione: Casi Particolari

Funzioni con Più Variabili di Ritorno

In Matlab, una funzione può avere più variabili di ritorno

```
function [<r1>, <r2>, ...] = <nome>(<p1>, <p2>, ...)
  <corpo>
end
```

- `<r1>`, `<r2>`, etc. sono nomi di variabili
- In questo caso, va assegnato un valore a tutte

La funzione può essere chiamata con:

```
[<r1>, <r2>, ...] = <nome>(<p1>, <p2>, ...)
```

- `<r1>`, `<r2>`, etc. sono altri nomi di variabili

Funzioni con Più Variabili di Ritorno

Un esempio: restituire la parte reale ed immaginaria

```
function [R, I] = split(N)
  R = real(N);
  I = imag(N);
end
```

Possiamo chiamarla con:

```
[R, imm] = split(2 + 4i)
```

- I nomi delle variabili "ricettacolo" `R` ed `imm`…
- …Possono essere scelti arbitrariamente

Non c'entrano con `R` ed `I` nella funzione!

Modalità di Chiamata Multiple

Se ci interessa solo la parte reale, va bene anche:

```
R = split(2 + 4i)
```

- Matlab si accorge che c'è solo una variabile "ricettacolo"…
- …Ed inizializza solo `R`

Quindi, ci possono essere molti modi di chiamare una funzione:

- Non sarà così per le nostre funzioni…
- …Ma è decisamente così per le funzioni predefinite!

Controllate la documentazione (**`help`**, **`doc`**) delle funzioni che usiamo!

Terminazione Immediata di una Funzione

Consideriamo una funzione per trovare `0` in una matrice

```
function trovato = find_zero(A)
  trovato = false;
  [m, n] = size(A)
  for i == 1:m
    for j == 1:n
      if A(i, j) == 0;
        trovato = true;
        break;
      end
    end
  end
end
```

- **`break`** interrompe il ciclo su **`j`**, ma non quello su **`i`**!

Terminazione Immediata di una Funzione

Consideriamo una funzione per trovare `0` in una matrice

```
function trovato = find_zero(A)
  trovato = false;
  [m, n] = size(A)
  for i == 1:m
    for j == 1:n
      if A(i, j) == 0;
        trovato = true;
        return; % INTERROMPE LA FUNZIONE
      end
    end
  end
end
```

- L'istruzione **`return`** interrompe immediatamente la funzione

File di Script e File di Funzione

Funzioni e File di Script

In Matlab > 2016b si può definire una funzione in un file di script

- La funzione deve comparire in fondo al file
- Non deve essere la prima istruzione (vedi prossime slides)

Un caso tipico:

```
clear all  % Prima istruzione, puliamo l'ambiente

Z = zeta(3) % Chiamata

% Definizione della funzione
function z = zeta(s)
  ...
end
```

File di Funzione

In alternativa, una funzione può essere inserita in un file a parte

In particolare, in Matlab si chiama file di funzione

- Un file di testo con estensione `.m`…
- …Che ha come prima istruzione la definizione della funzione…
- …E dovrebbe avere lo stesso nome della funzione che contiene

Per esempio, nel file `zeta.m` possiamo inserire:

```
function z = zeta(s)
  ...
end
```

In Matlab 2016a, questa è l'unica alternativa possibile

File di Funzione

Quando proviamo ad invocare (e.g.) `zeta(3)`:

- Matlab cerca un file di nome "`zeta.m`"
- Se lo trova, legge la definizione della funzione e la esegue

La ricerca avviene all'interno di una serie di cartelle:

- Una di esse è sempre la cartella corrente
- È qui che possiamo mettere i nostri file di funzione

Attenzione ai nomi!

- Se definiamo una funzione `sum` in "`sum.m`"
- "Oscuriamo" la funzione `sum` di Matlab

Limitazioni di Matlab pre-2016b

Matlab pre-2016b non permette di definire funzioni in script

A però volte una funzione è utile solo per un determinato problema

- E.g. regressione lineare, definizione di equazioni non lineari…

In questo caso definire un file di funzione rende le cose più complicate

È possibile aggirare il problema?

Sì! Il modo più semplice consiste in:

- Trattare l'intero script come una funzione
- Definire la "vera" funzione come ausiliaria

Funzioni Ausiliarie

Matlab permette di definire più funzioni in un unico file

Per esempio, nel file `somma_mat.m`:

```
function s = somma_mat(M) % Funzione principale
    s = 0;
    for C = M
        s = s + somma_col(M);
    end
end
function s = somma_col(C) % Funzione _ausiliaria_
    s = 0;
    for v = C
        s = s + v;
    end
end
```

Funzioni Ausiliarie

Matlab permette di definire più funzioni in un unico file

La funzione principale:

- Compare come prima istruzione del file
- Si chiama come il file
- È l'unica a poter essere chiamata dall'esterno

Le funzioni ausiliarie:

- Compaiono dopo quella principale
- Possono avere un nome arbitrario
- Ne potete definire quante ne volete

Funzioni e Script in Matlab pre-2016b

Supponiamo di avere uno script del genere:

```
% Lo script vero e proprio
clear all
W = rand(1, 1000);
res = my_sum(W)

% Definizione di funzione
function s = my_sum(V)
    s = 0;
    for v in V
        s = s + v;
    end
end
```

Funzioni e Script in Matlab pre-2016b

Possiamo convertirlo in una funzione!

```
function my_test() % no parametri e valori di ritorno
    clear all
    W = rand(1, 1000);
    res = my_sum(W)
end

function s = my_sum(V)
    s = 0;
    for v in V
        s = s + v;
    end
end
```

Funzioni e Script in Matlab pre-2016b

`clear all` è inutile (il record di attivazione è inizialmente vuoto)

```
function my_test()
    W = rand(1, 1000);
    res = my_sum(W)
end

function s = my_sum(V)
    s = 0;
    for v in V
        s = s + v;
    end
end
```

Inseriamo tutto questo in un file di funzione **`my_test.m`**

Funzioni e Script in Matlab pre-2016b

Per eseguire lo "script", dobbiamo chiamarlo come funzione

…Del resto, a questo punto è una funzione

```
my_test() % esegue lo script
```

Nota: se vogliamo chiamare una funzione senza parametri:

- Matlab permette di omettere le parentesi "**()**"…
- …Quindi possiamo chiamare il nostro script/funzione anche con:

```
my_test
```

- Dà l'illusione di aver chiamato uno script
- In realtà, abbiamo chiamato una funzione (senza passarvi alcunché)

Esempio: Confronto di Orari

Un Esempio: Confronto di Orari

Problema: confrontare due orari

- HP: gli orari sono rappresentate come vettori di interi
- HP: nell'ordine, abbiamo `[hh, mm]`

Vogliamo definire nello script **`es_timecmp.m`** una funzione:

```
function res = timecmp(t1, t2)
```

Tale che il risultato sia

- `-1` se il primo orario precede il secondo
- `0` se sono uguali
- `+1` se il secondo orario precede il primo

Soluzione

Nel file di funzione **es_timecmp.m**:

```
function es_timecmp()
    res1 = timecmp([15, 00], [15, 21])
    res2 = timecmp([15, 00], [14, 59])
    res3 = timecmp([15, 00], [15, 00])
end

function res = timecmp(t1, t2)
  ...
end
```

- Vediamo una possibile definizione di **timecmp**...
- Non è efficiente, né elegante, ma è leggibile

Soluzione

Vediamo una possibile implementazione di **`timecmp`**:

```
function res = timecmp(t1, t2)
    res = 0;
    if t1(1) < t2(1)
        res = -1;
    end
    if t1(1) > t2(1)
        res = 1;
    end
    if t1(1) == t2(1) & t1(2) < t2(2)
        res = -1;
    end
    if t1(1) == t2(1) & t1(2) > t2(2)
        res = 1;
    end
end
```

Esercizio: Calore Molare (Valutazione di Polinomi)

Calore Molare

Il calore (specifico) molare di un sostanza:

- È il calore necessario per variare la temperatura di una mole di 1K
- Dipende dalla temperatura, secondo una legge polinomiale:

$$c_p^* = a + bT + cT^2 + dT^3$$

- Il polinomio è al più di 4° grado
- I coefficienti sono stati determinati empiricamente per varie sostanze

Avete visto/vedrete questi argomenti nel corso di Termodinamica

Polinomi in Matlab

Matlab fornisce funzioni per operare su polinomi

Un polinomio viene rappresentato come un vettore di coefficienti:

$$\underline{c_n} x^n + \underline{c_{n-1}} x^{n-1} + \ldots + \underline{c_1} x + \underline{c_0} \longleftrightarrow p = (c_n, c_{n-1}, \ldots c_1, c_0)$$

- Il primo elemento del vettore corrisponde a c_n
- L'ultimo elemento del vettore corrisponde a c_0
- Il grado del polinomio è dato da `length(p)-1`

Quindi, per il calore molare:

- Il polinomio $a + bT + cT^2 + dT^3$
- Viene rappresentato come: `[d, c, b, a]` (invertito!)

Esercizio

Consideriamo il composto n-ottano

Vogliamo studiarne il calore molare in funzione della temperatura

- I coefficienti A, B, C, D sono noti
- Vogliamo disegnare c_p^* in funzione di T…
- …Con T che va da 300K a 400K

Dobbiamo valutare un polinomio. In Matlab possiamo usare:

```
function X = polyval(P, X)
```

- `P` è il polinomio da valutare
- `X` è il valore di x e può essere anche un vettore
- `Y` è il vettore con la valutazione di ogni elemento di `X`

Esercizio

- Dal sito del corso, scaricate lo start-kit di questa lezione
- Iniziate a codificare dal file **`es_polyval.m`** nello start-kit

Parte 1: calcolate il calore molare con `polyval` di Matlab

- Effettuate il calcolo per $T \in [300K, 400K]$
- Disegnate la curva risultante con **`plot`**

Parte 2: nello stesso file, definite una funzione:

```
function y = my_polyval(p, x)
```

- Che calcoli il valore del polinomio **`p`**…
- …quando **`x`** è uno scalare (per semplicità)
- Calcolate una nuova curva con **`my_polyval`** e disegnatela

Esercizio: Differenza di Entalpia (Integrazione di Polinomi)

Differenza di Entalpia

Il valore di c_p^* è necessario per calcolare la differenza di Entalpia

$$\Delta H = \int_{T_0}^{T_1} c_p^*(T)\, dT$$

- L'entalpia è una misura di energia di un sistema termodinamico…
- …Ma questo penso lo sappiate meglio di me

Dal punto di vista matematico:

- Poiché $c_p^*(T)$ è una funzione polinomiale…
- …La sua funzione integrale $C_p^*(T)$ si può calcolare in modo simbolico

A partire da essa possiamo calcolare:

$$\Delta H = C_p^*(T_1) - C_p^*(T_0)$$

Integrazione e Derivazione di Polinomi

- Anche se possiamo calcolare l'integrale per via simbolica…
- …Non lo dobbiamo fare per forza con carta e penna!

Matlab fornisce una funzione per integrare e derivare polinomi

```
function P = polyint(p)
```

Dato un polinomio:

$$c_n\, x^n + c_{n-1}\, x^{n-1} + \ldots + c_1\, x + c_0$$

Il suo integrale è un altro polinomio, ossia:

$$\frac{1}{n+1} c_n\, x^{n+1} + \frac{1}{n} c_n\, x^{n-1} + \ldots + \frac{1}{2} c_1\, x^2 + c_0\, x$$

Integrazione e Derivazione di Polinomi

- Anche se possiamo calcolare l'integrale per via simbolica…
- …Non lo dobbiamo fare per forza con carta e penna!

Matlab fornisce una funzione per integrare e derivare polinomi

```
function P = polyint(p)
```

In termini della rappresentazione utilizzata da Matlab:

- `p` è il polinomio (vettore di coefficienti) da integrare
- `P` è il polinomio (vettore di coefficienti) risultato
- `P` ha un grado in più (un elemento in più) di `p`:

$$(c_n, c_{n-1}, \dots c_1, c_0) \longrightarrow \left(\frac{1}{n+1}c_n, \frac{1}{n}c_{n-1}, \dots \frac{1}{2}c_1, c_0, 0\right)$$

Integrazione e Derivazione di Polinomi

- Anche se possiamo calcolare l'integrale per via simbolica…
- …Non lo dobbiamo fare per forza con carta e penna!

Matlab fornisce una funzione per integrare e derivare polinomi

```
function P = polyint(p)
```

Per esempio:

```
polyint([1, 1, 1]) % denota [1/3, 1/2, 1, 0]
polyint([1, 2, 4]) % denota [1/3, 1, 4, 0]
```

- **Attenzione:** il risultato dell'integrazione è un polinomio…
- …Ci resta poi da valutarlo per i valori che ci interessano

Esercizio

Calcolate ΔH per l'n-ottano tra 300K e 400K

Utilizzate come partenza il file **`es_polyint.m`**

Step 1: Calcolate il polinomio integrale $C_p^*(T)$ con **`polyint`**

- Quindi usate **`polyval`** per calcolare $C_p^*(T)$ a 300K e 400K
- Ottenete ΔH per differenza

Step 2: Definite la funzione

```
function P = my_polyint(p)
```

- Che, dato un polinomio (vettore di coefficienti) **`p`**…
- …Calcoli il polinomio integrale **`P`**
- Confrontate il risultato con quello di **`polyint`**

Esercizio: Elementi Non Nulli

Esercizio: Elementi Non Nulli

Matlab fornisce la funzione:

```
function I = find(X)
```

- che restituisce gli indici degli elementi diversi da `0`

Nel file di script **`es_find`** , definite la funzione (ausiliaria):

```
function I = my_find(X)
```

- Che replichi tale funzionalità.

Scrivere del codice di test nella funzione principale

- Utilizzate un vettore definito a mano
- Infatti, **`rand`** non genera mai `0`

Esercizio: Fattoriale degli Elementi di un Vettore

Esercizio: Fattoriale di un Vettore

Matlab fornisce la funzione:

```
function F = factorial(V)
```

Che restituisce un vettore con il fattoriale di ogni numero in `V`

- Gli elementi di `V` devono essere numeri interi
- Il fattoriale $n!$ di un numero n è definito come:

$$n! = \begin{cases} 1 & \text{se } n = 0 \\ \prod_{i=1}^{n} i & \text{se } n > 0 \end{cases}$$

Esercizio: Fattoriale di un Vettore

Si definisca un file di funzione `es_factorial`, contenente:

Una funzione ausiliaria:

```
function F = my_factorial(V)
```

- Che replichi tale il comportamento di **`factorial`**

Si verifichi il funzionamento:

- Scrivendo le istruzioni di test nella funzione principale
- Si esegua **`my_factorial`** e **`factorial`** su un vettore scelto a mano
- Si confrontino i risultati

Esercizio: Indicizzazione con Valori Logici

Esercizio: Indicizzazione con Valori Logici

Abbiamo visto che Matlab permette di accedere ad un vettore con:

```
V(I)
```

- `V` è un vettore
- `I` è un vettore di valori logici

Nel file di funzione **`es_index2.m`**, definite la funzione (ausiliaria):

```
function W = my_index2(V, I)
```

Che replichi la stessa funzionalità

- Verificate il funzionamento come al solito

Esercizio: Derivazione di Polinomi

Derivazione di Polinomi

In matematica, dato un polinomio:

$$c_n\, x^n + c_{n-1}\, x^{n-1} + \ldots + c_0$$

La sua derivata è un altro polinomio:

$$n\, c_n\, x^{n-1} + (n-1) c_{n-1}\, x^{n-2} + \ldots + c_1$$

In termini della rappresentazione utilizzata da Matlab:

$$(c_n, c_{n-1}, \ldots c_1, c_0) \longrightarrow (nc_n, (n-1)c_{n-1}, \ldots c_1)$$

- Derivando otteniamo un polinomio inferiore di un grado

Lo possiamo calcolare con la funzione predefinita:

```
function dp = polyder(p)
```

Esercizio

In un file di funzione `es_polyder.m`:

Definire una funzione (ausiliaria):

```
function dp = my_polyder(p)
```

- Che, dato un polinomio (vettore di coefficienti) `p`…
- …Calcolo il polinomio derivata `dp`

Quindi, nella funzione principale:

- Effettuate dei test con polinomi definiti a mano
- Confrontate i risultati con quelli di `polyder`

Esercizio: Elementi Distinti

Esercizio: Elementi Distinti

Matlab fornisce la funzione:

```
function U = unique(X)
```

- `X` che restituisce gli elementi distinti del vettore `X`

Nel file di funzione **`es_unique.m`**, definite una la funzione (ausiliaria):

```
my_unique(X)
```

Che replichi la stessa funzionalità

- Matlab ordina anche il vettore di uscita: noi non lo faremo
- Verificate il funzionamento con un vettore costruito a mano