

12BHDxx Informatica

Programmazione in C

Settimana n.1

Obiettivi

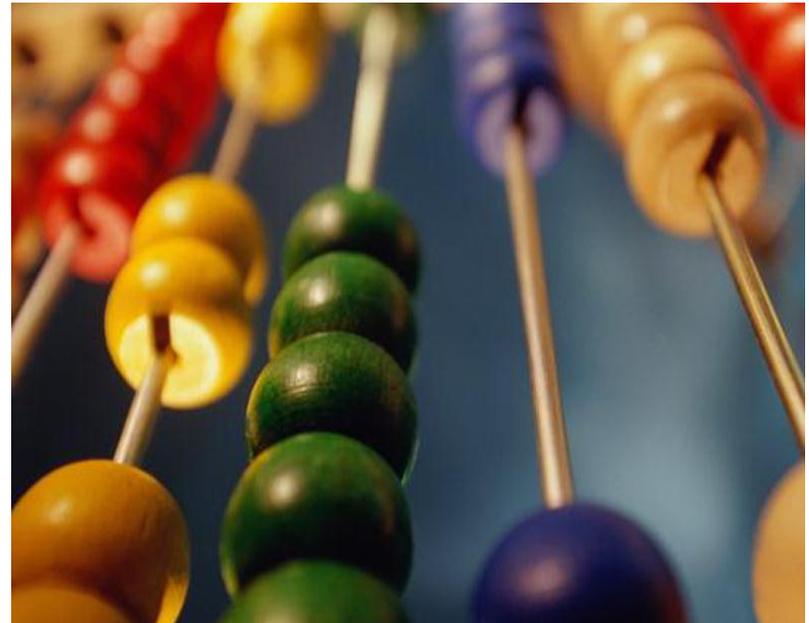
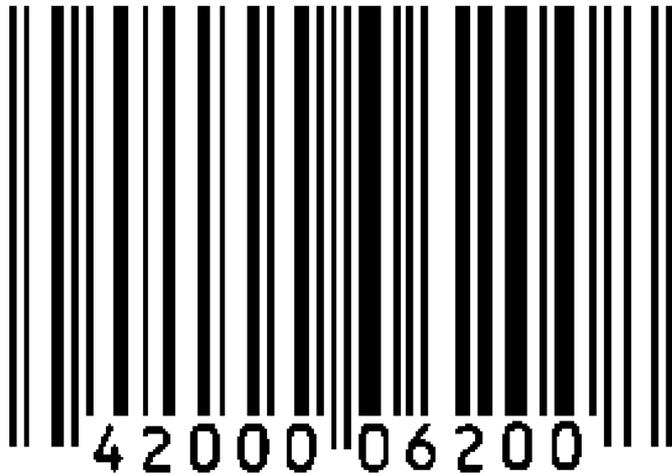
- Problem solving
- Diagrammi di flusso e pseudo codice

Contenuti

- Cenni storici
- Concetto di programma
- Diagrammi di flusso
- Pseudo codice
- Alcuni problemi di esempio

Definizione

- “L’informatica e` la scienza che rappresenta e manipola le informazioni”



Le tecnologie come fattore abilitante dei cambiamenti industriali e sociali



1800

1900

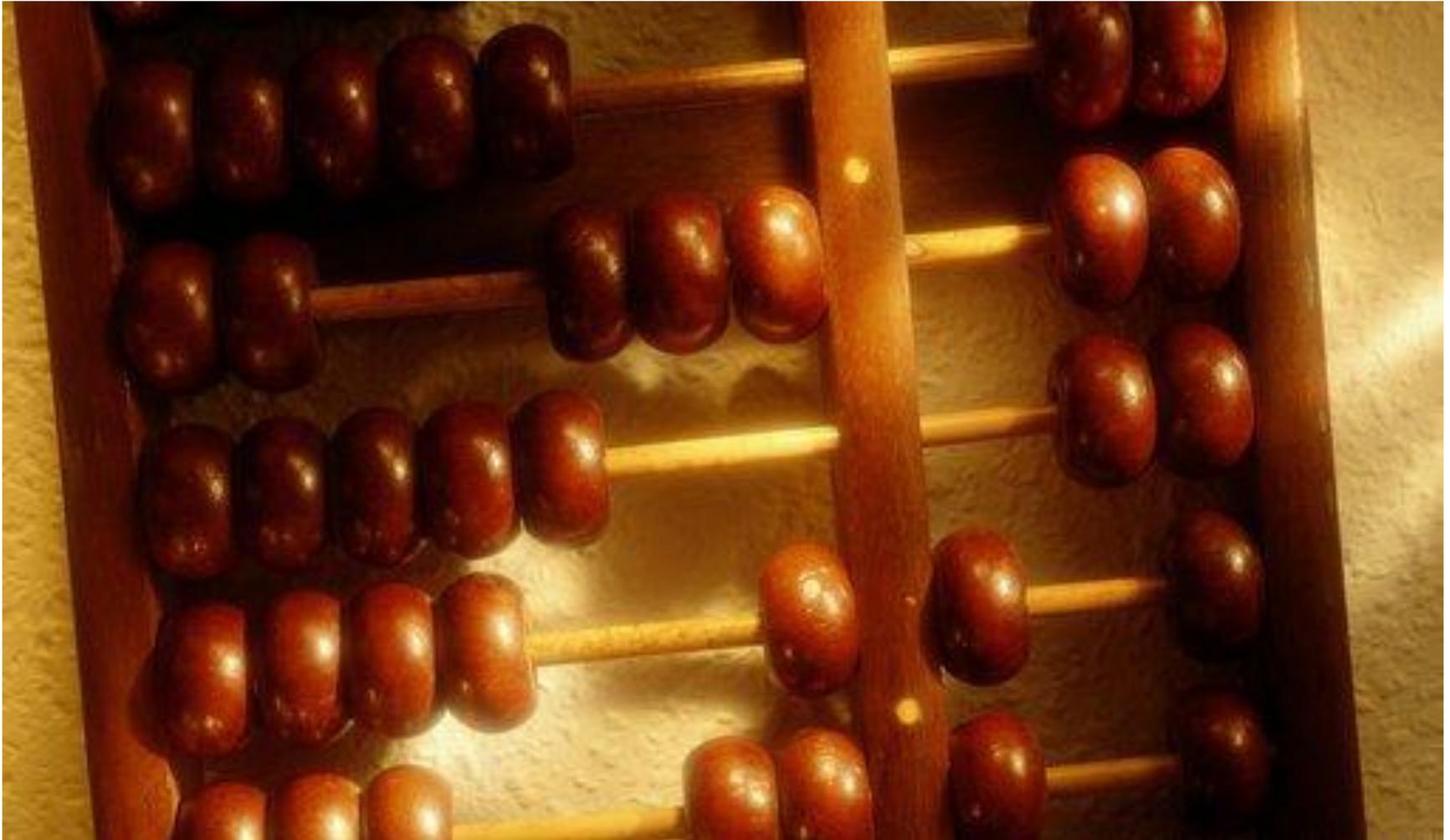


2000

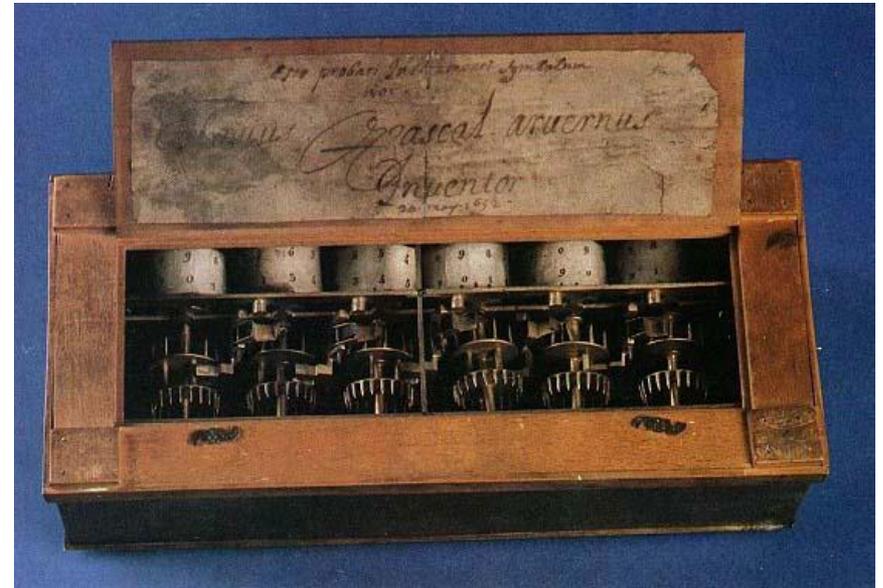
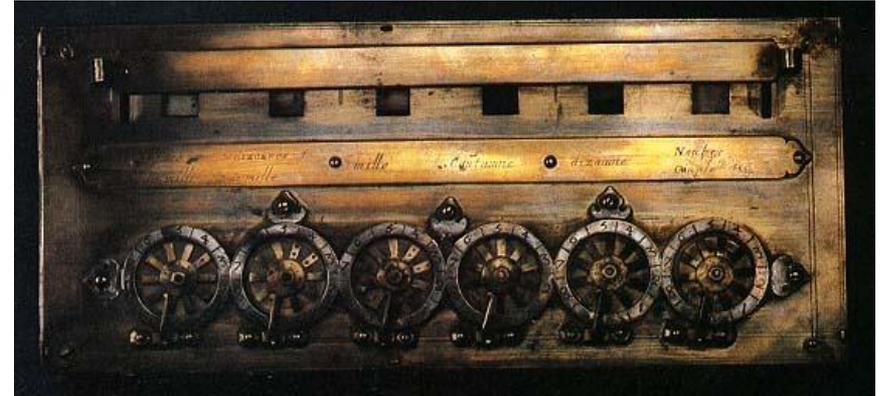
La pervasività



Un po' di storia: Abacus



B. Pascal (1642)



J.M. Jacquard (punched card loom- 1801)



- Il software per la computazione meccanica

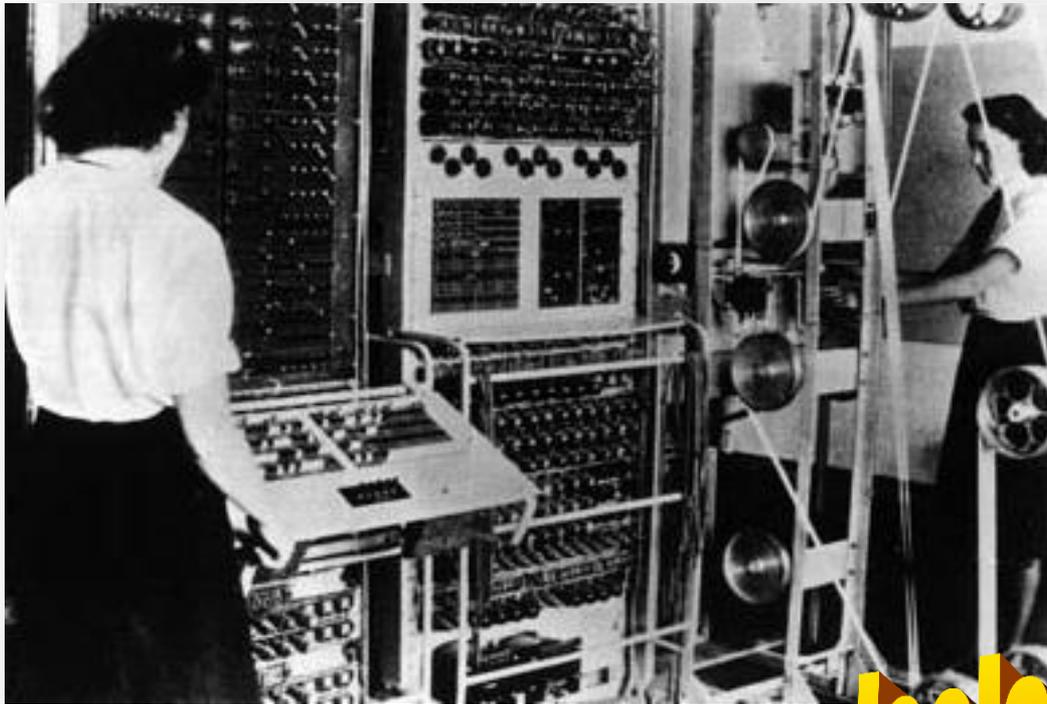
C. Babbage (analytical engine – 1833)



Hollerith (punched card -1890)



ENIAC (Eckert-Mauchly – 1943-1945)



Il primo calcolatore elettronico!

Il computer moderno

- 1942-' 57, 1a gen. = tubi a vuoto
- 1958-' 63, 2a gen. = transistori
- 1964-' 80, 3a gen. = circuiti integrati
- 1980-oggi, 4a gen. = circuiti VLSI
- (futuro) 5a gen. = ?

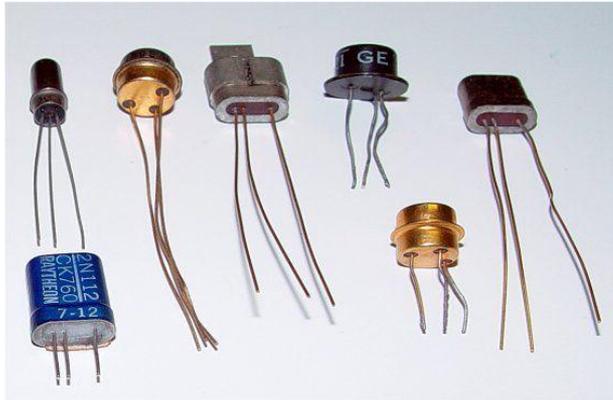
***“Penso che nel mondo ci sia mercato
per quattro o cinque computer”***

**Thomas Watson (Presidente IBM,
1943)**

Il computer moderno (Cont.)



1942-47 : tubi a vuoto



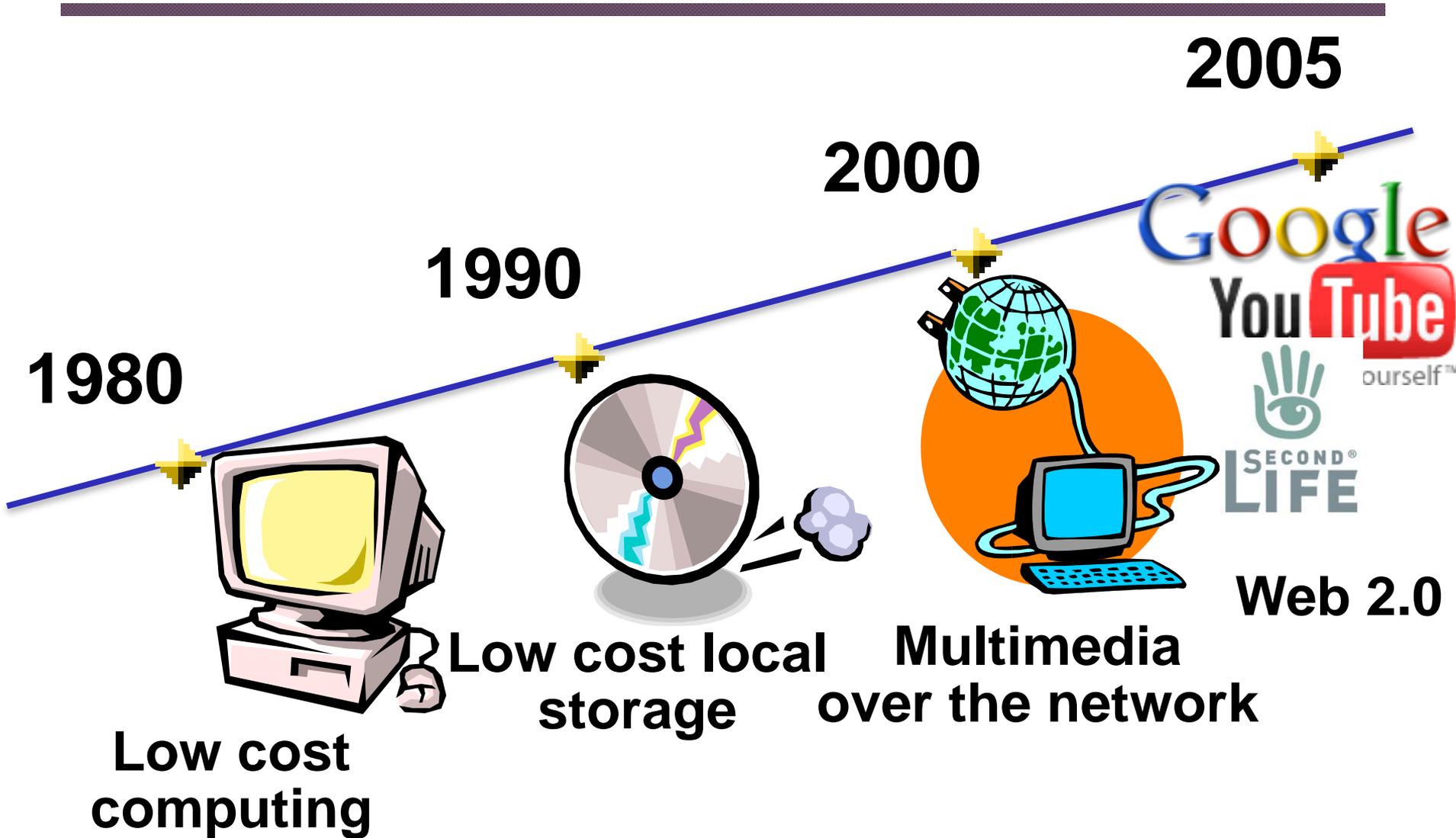
1958-63 : transistor



1963-80 : circuiti integrati (MSI)

1981-oggi : circuiti integrati (VLSI)

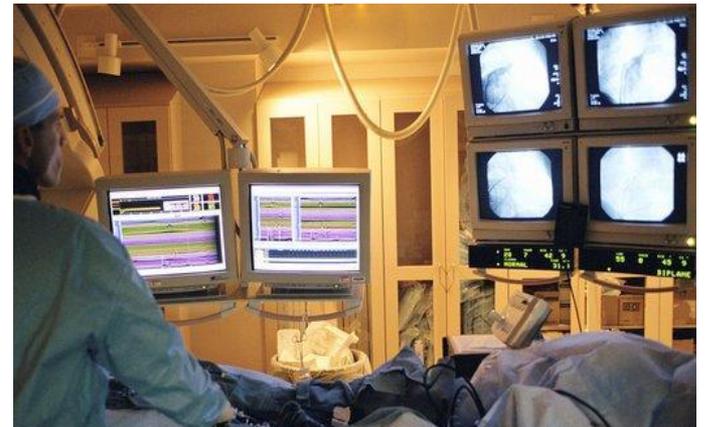
La storia recente



I dati digitali: tutto diventa "bit"



01101100



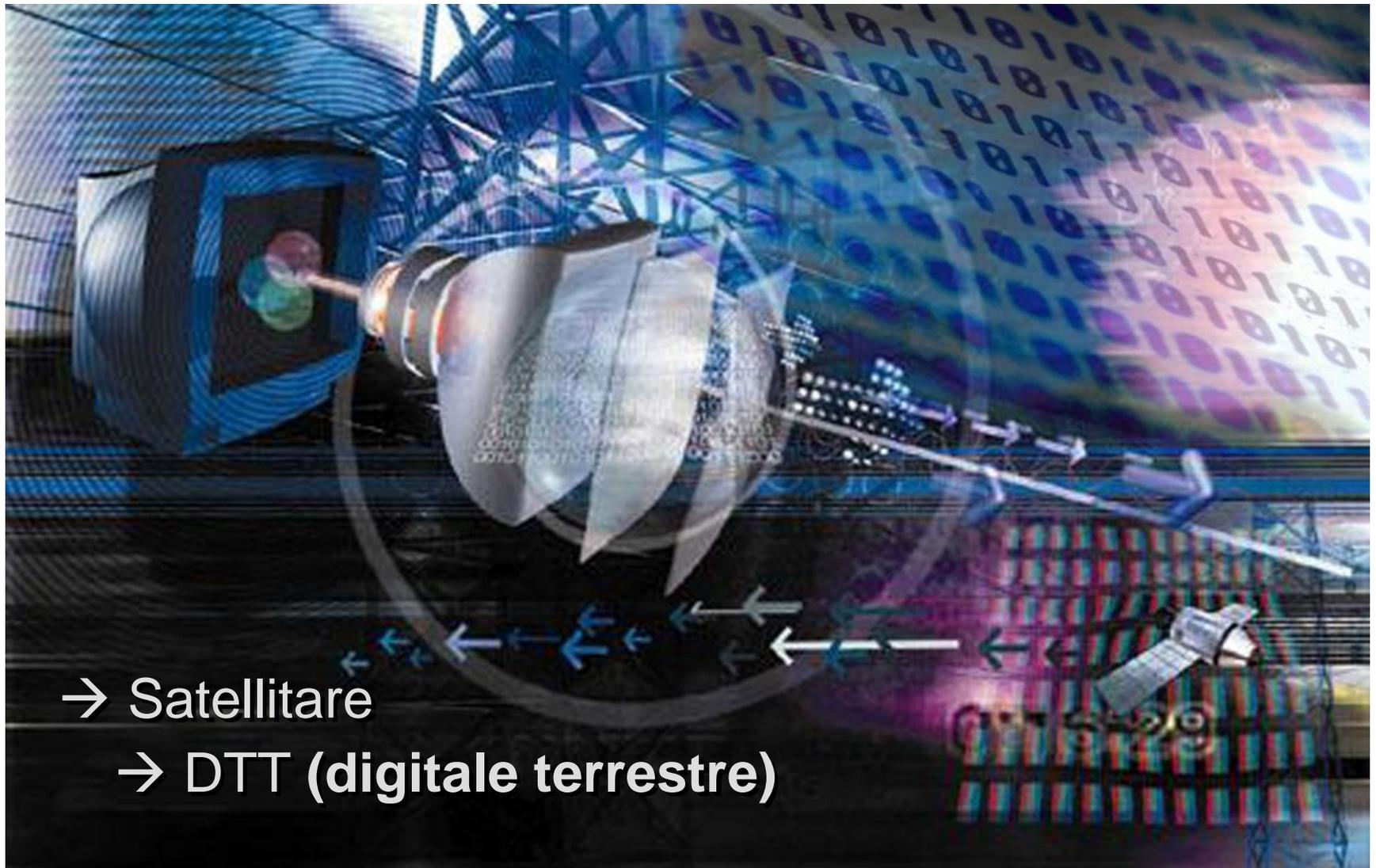
Le grandi convergenze



Il telefono via Internet (VOIP)



TV digitale



→ Satellitare

→ DTT (digitale terrestre)

I tipi di computer

- Esistono due grandi classi di elaboratori:
 - Elaboratori di uso generale (general-purpose computer)
 - Elaboratori dedicati (special-purpose computer)

Special - purpose (embedded, dedicated) computer

- Un elaboratore dedicato (embedded system) è un elaboratore programmato per svolgere funzioni specifiche definite a priori in fase di progetto/produzione
- Esempi sono: telefoni cellulari, lettori MP3, computer che controllano aerei, auto, elettrodomestici...

Le razze degli elaboratori (general purpose)



Personal (client)

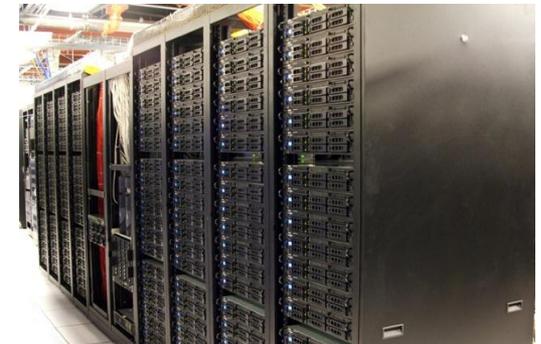


Workstation



Server

Mainframe (host)



Server

- Un server è un elaboratore che fornisce dei “servizi” a altri elaboratori (chiamati clients) attraverso una rete (computer network)



Server Farm

- Con il termine server farm si fa riferimento all'insieme di elaboratori server collocati in un apposito locale (centro di calcolo) presso una media o grande azienda



Mainframe

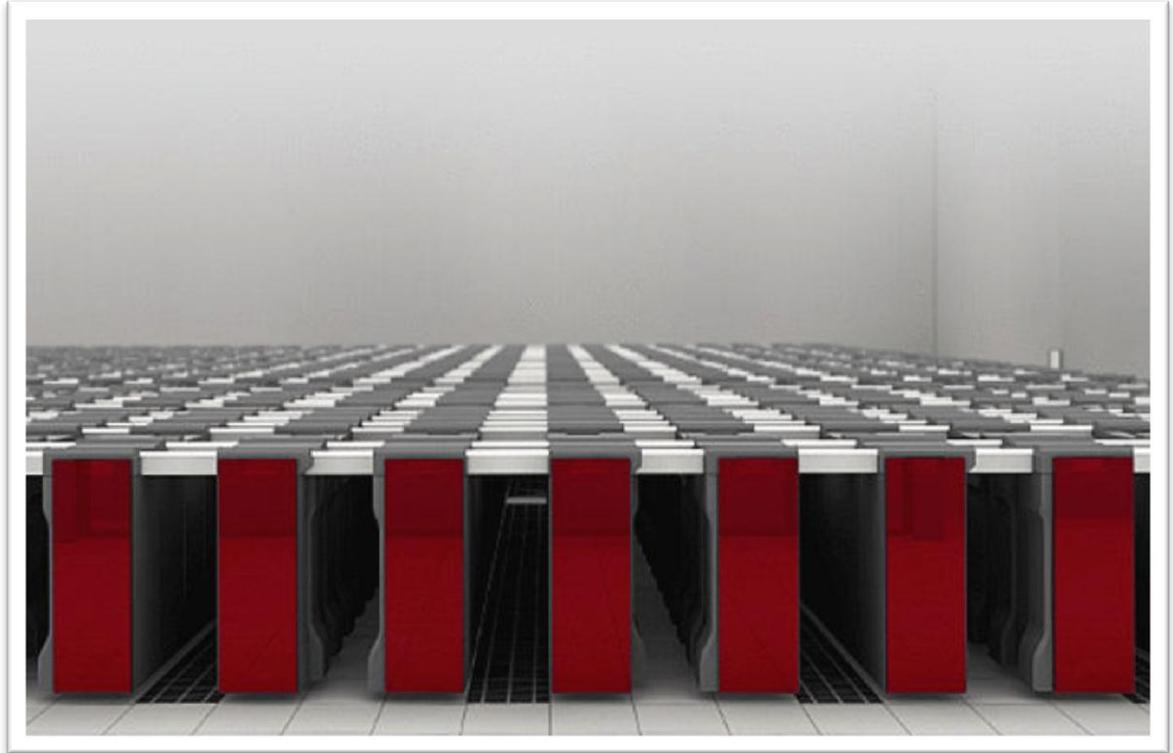
- Mainframes (colloquialmente indicati anche come Big Iron) sono elaboratori di grandi prestazioni usati principalmente da grandi imprese per rilevanti applicazioni software (mission critical application)



**IBM z890
mainframe**

Supercomputer (novembre 2011)

K computer
RIKEN Advanced
Institute for
Computational
Science (AICS)

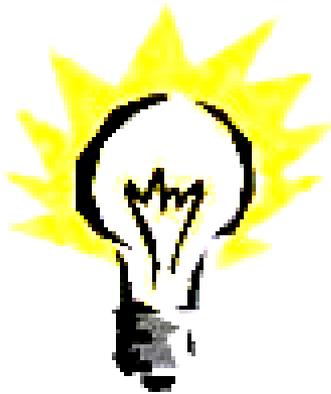


Potenza: 11 PFLOPS (PETA FLOPS)

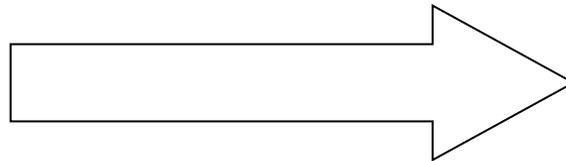
11 280 384 000 000 000 moltiplicazioni secondo

Cosa impariamo in questo corso?

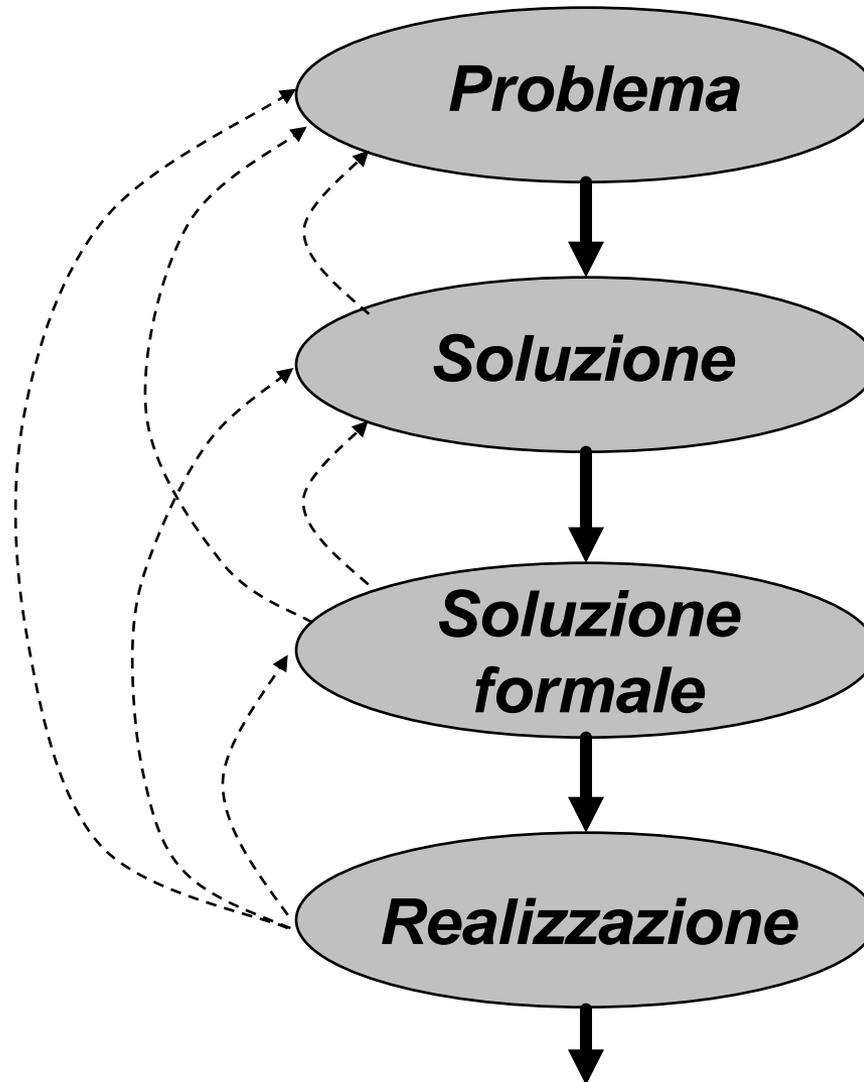
Dalla specifica di un problema alla sua realizzazione come programma da eseguire su un elaboratore



Costruzione di
un programma

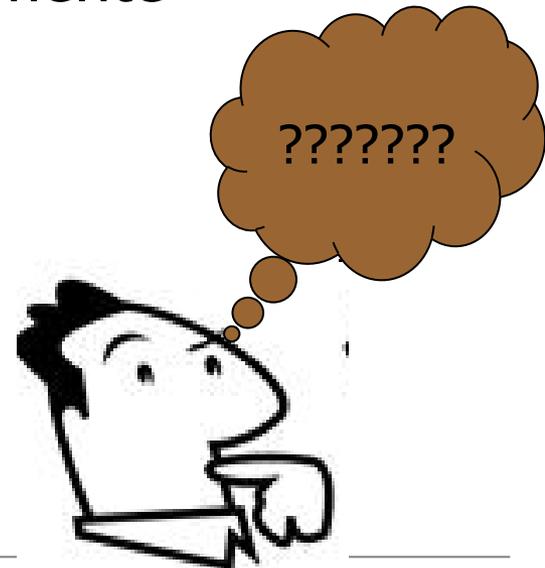


Progettare



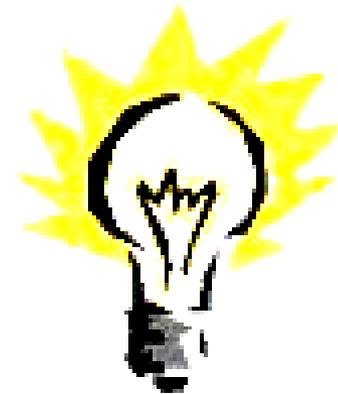
Difficoltà

- I punti critici nello sviluppo di un progetto risiedono essenzialmente in:
 - Sviluppo di una soluzione "informale"
 - Formalizzazione di una soluzione
 - Permette una più semplice "traduzione" nelle regole di realizzazione
- La soluzione di un problema passa generalmente attraverso lo sviluppo di un *algoritmo*



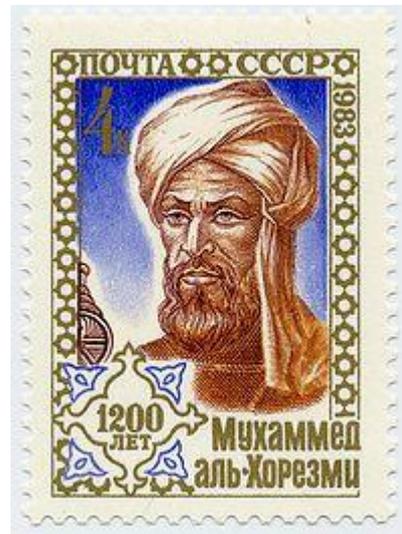
Algoritmo

Con il termine di algoritmo si intende la descrizione precisa (formale) di una sequenza finita di azioni che devono essere eseguite per giungere alla soluzione di un problema



Algoritmo

Il termine deriva dal tardo latino "algorismus" che a sua volta deriva dal nome del matematico persiano Muhammad ibn Mūsa 'l-Khwārizmī (780-850), che scrisse un noto trattato di algebra



Algoritmi e vita quotidiana

1. metti l'acqua
2. accendi il fuoco
3. aspetta
4. se l'acqua non bolle torna a 3
5. butta la pasta
6. aspetta un po'
7. assaggia
8. se è cruda torna a 6
9. scola la pasta



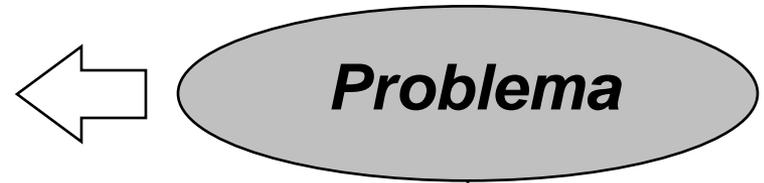
Algoritmo

- Algoritmo: Sequenza di operazioni atte a risolvere un dato problema
 - Esempi:
 - Una ricetta di cucina
 - Istruzioni di installazione di un elettrodomestico
- Spesso non è banale!
 - Esempio:
 - MCD?
 - Quale algoritmo seguiamo per ordinare un mazzo di carte?

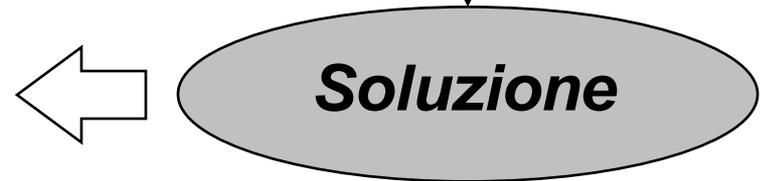


Esempio di flusso

- Problema: Calcolo del massimo tra due valori A e B

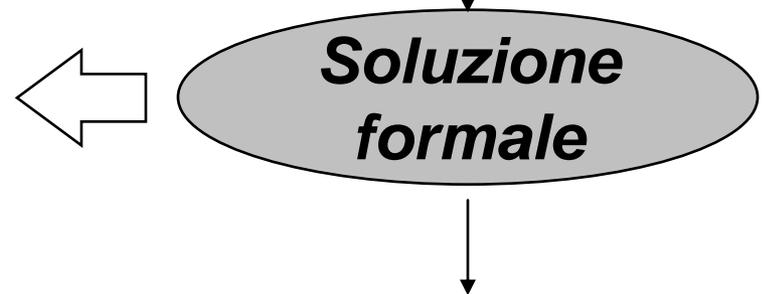


- Soluzione: Il massimo è il più grande tra A e B...



- Soluzione formale:

1. *inizialmente: $max = 0$*
2. *se $A > B$ allora $max = A$; stop*
3. *altrimenti $max = B$; stop*

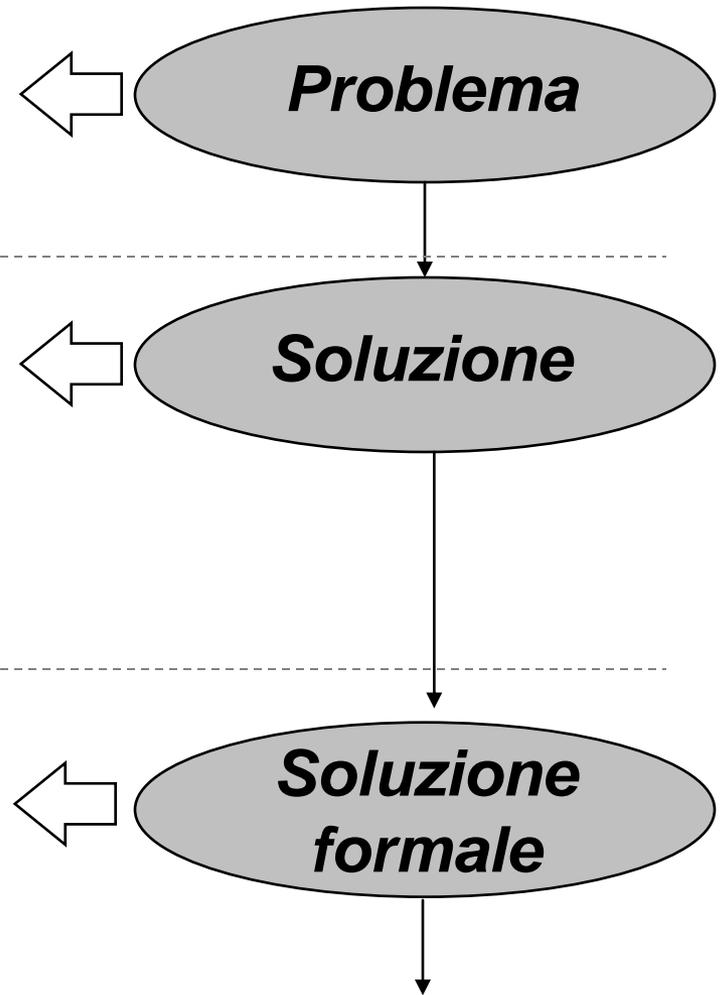


Altro esempio di flusso

- Problema: Calcolo del massimo comun divisore (MCD) fra due valori A e B

- Soluzione: Usiamo la definizione di MCD: è il numero naturale più grande per il quale possono entrambi essere divisi.

- Soluzione formale: ???



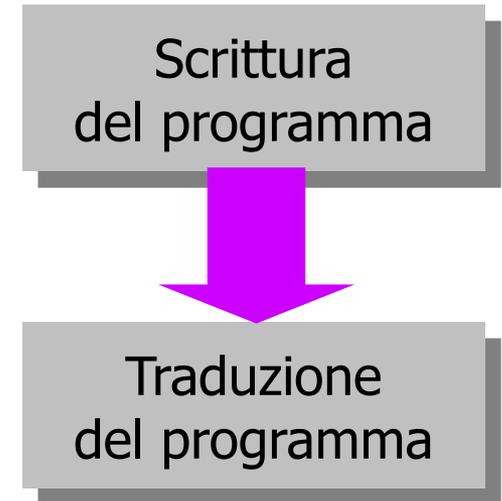
Stadi di sviluppo di un programma

1. Scrittura di un programma

- File “sorgente”
- Scritto utilizzando un linguaggio di programmazione

2. Traduzione di un programma in un formato comprensibile al calcolatore

- Articolato in più fasi
- Gestito automaticamente da un programma chiamato traduttore
- In questo corso ci occuperemo del primo punto
 - Ma è importante sapere cosa succede nella fase successiva!



Stadi di sviluppo di un programma

- Problema
- Idea
 - Soluzione
- Algoritmo
 - Soluzione formale
- Programma
 - Traduzione dell'algoritmo in una forma comprensibile ad un elaboratore elettronico
- Test
- Documentazione

Formalizzazione della soluzione

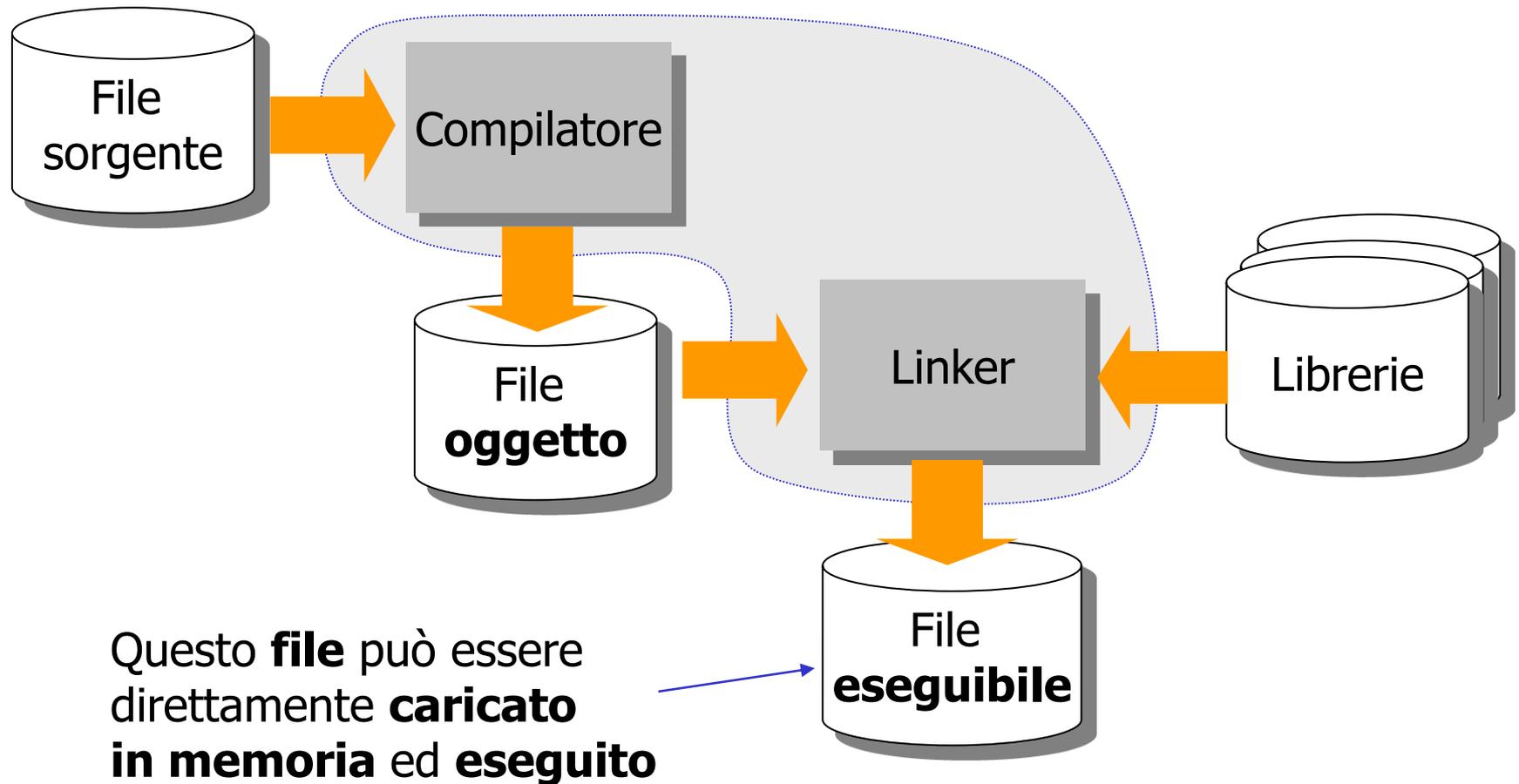
- La differenza tra una soluzione informale ed una formale sta nel modo di rappresentare un algoritmo:
 - Informale: Descrizione a parole
 - Formale: Descrizione in termini di sequenza di operazioni elementari
- Esistono vari strumenti per rappresentare una soluzione in modo formale
 - Più usati:
 - Pseudo-codice
 - Diagrammi di flusso

Formalizzazione della soluzione (Cont.)

- Pseudo-codice
 - Vantaggi
 - Immediato
 - Svantaggi
 - Descrizione dell'algoritmo poco astratta
 - Interpretazione più complicata

- Diagrammi di flusso
 - Vantaggi
 - Più intuitivi perchè utilizzano un formalismo grafico
 - Descrizione dell'algoritmo più astratta
 - Svantaggi
 - Richiedono l'apprendimento della funzione dei vari tipi di blocco

Traduzione di un programma



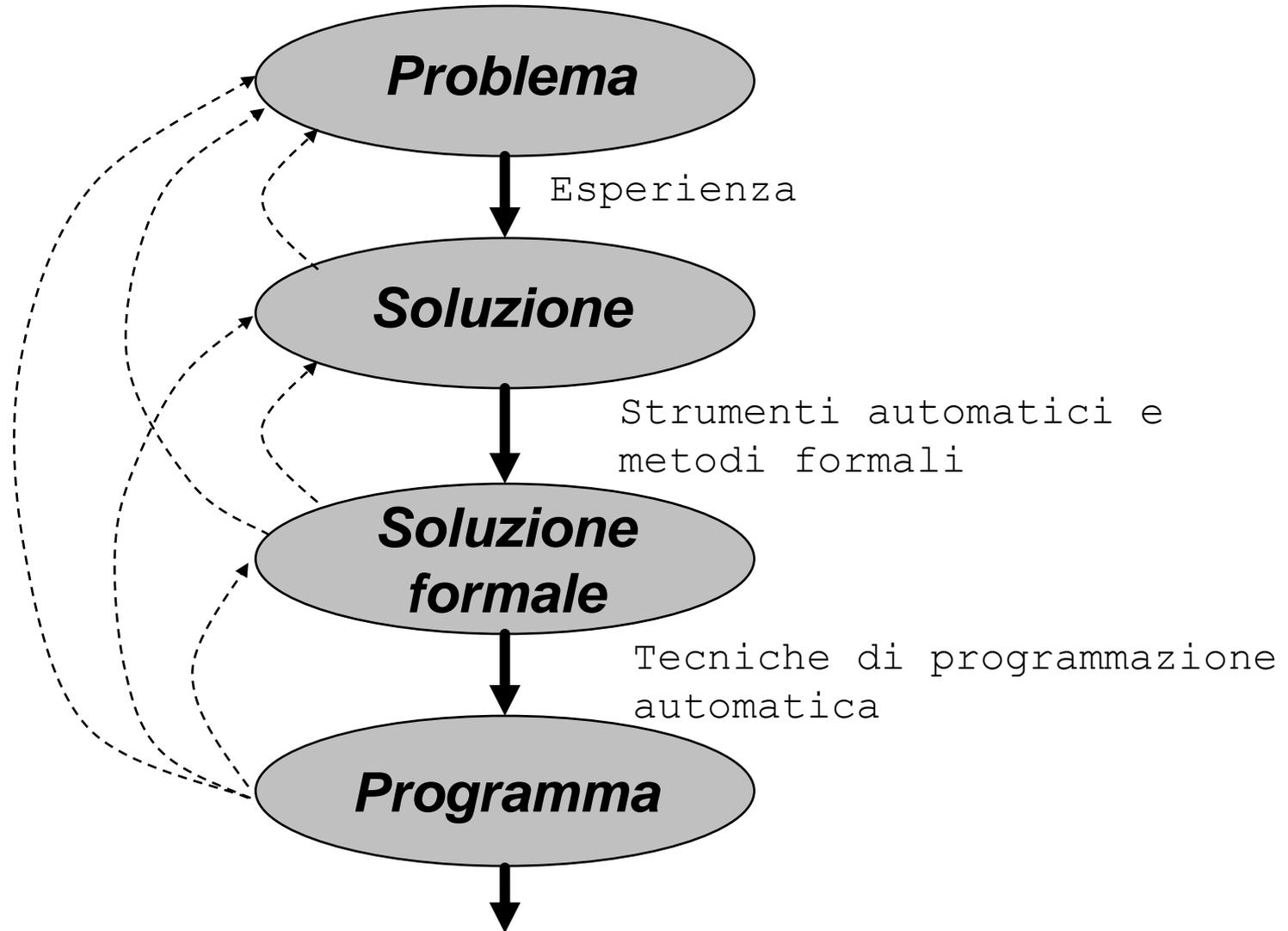
Cosa vuol dire “programmare”?

- La programmazione consiste nella scrittura di un “documento” (*file sorgente*) che descrive la soluzione del problema in oggetto
 - Esempio: *Massimo comun divisore tra due numeri*
- In generale non esiste “la” soluzione ad un certo problema
 - La programmazione consiste nel trovare la soluzione più efficiente, secondo una certa metrica, al problema di interesse

Cosa vuol dire “programmare”? (Cont.)

- Programmare è un’operazione “creativa”!
 - Ogni problema è diverso da ogni altro
 - Non esistono soluzioni analitiche o “universali”!
- Programmare è un’operazione complessa
 - Impensabile un approccio “diretto” (dal problema al programma sorgente definitivo)
 - Tipicamente organizzata per *stadi successivi*

Stadi di sviluppo di un programma (Cont.)



Stadi di sviluppo di un programma (Cont.)

- La costruzione di un programma è generalmente un'operazione iterativa
- Sono previsti passi a ritroso che rappresentano le reazioni a risultati non rispondenti alle esigenze nelle diverse fasi
- La suddivisione in più fasi permette di mantenere i passi a ritroso più brevi possibile (e quindi meno dispendiosi)
- E' necessario quindi effettuare dei test tra una fase e la successiva affinché i cicli siano i più corti possibili

Stadi di sviluppo di un programma (Cont.)

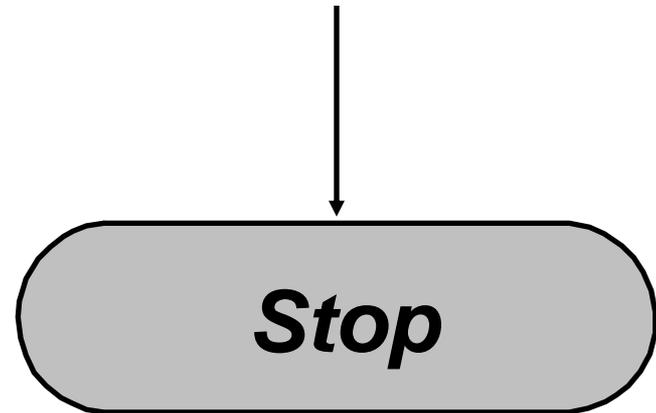
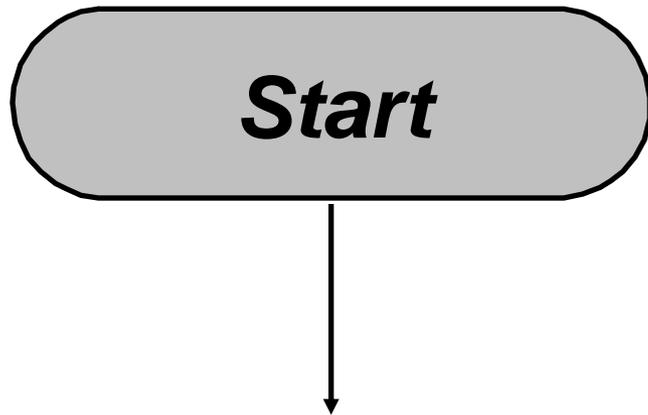
- Una volta scritto e collaudato il programma, possono verificarsi le seguenti situazioni:
 - Il programma è stato scritto non correttamente:
Torno indietro di un livello
 - Il programma è descritto male in termini formali, ma corretto concettualmente:
Torno indietro di due livelli
 - Il programma è errato concettualmente, e necessita di una differente soluzione:
Torno all'inizio

Diagrammi di flusso

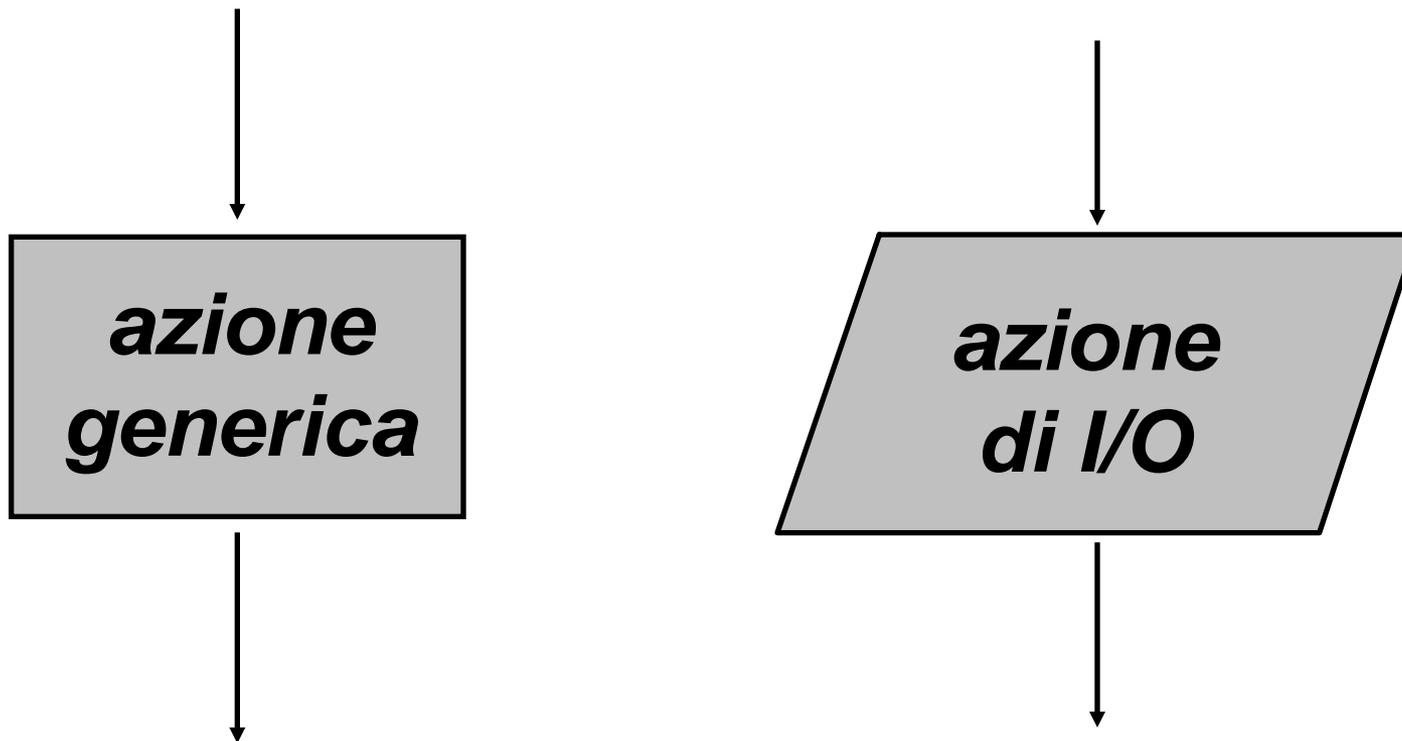
Diagrammi di flusso (flow-chart)

- Sono strumenti grafici che rappresentano l'evoluzione logica della risoluzione del problema
- Sono composti da:
 - Blocchi elementari per descrivere azioni e decisioni (esclusivamente di tipo binario)
 - Archi orientati per collegare i vari blocchi e per descrivere la sequenza di svolgimento delle azioni

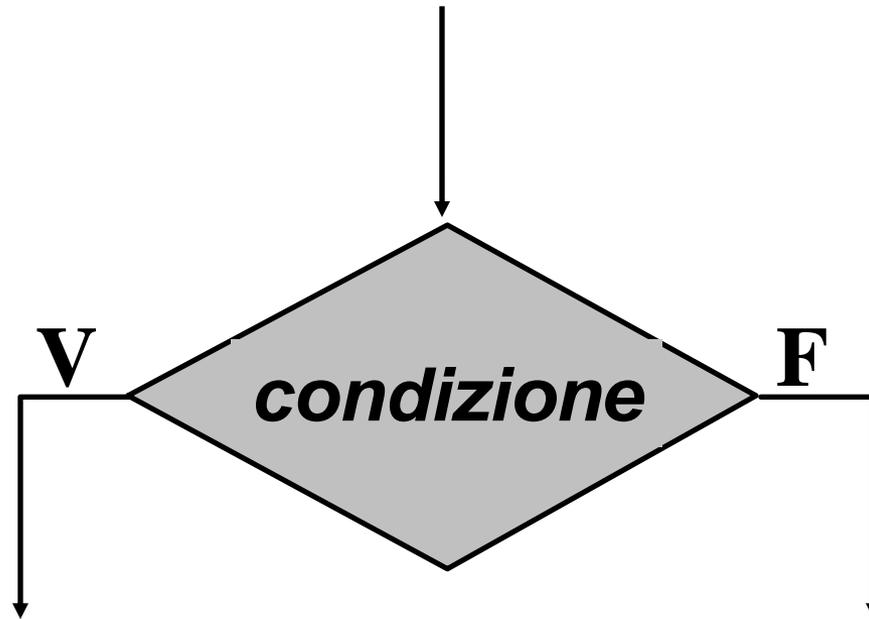
Diagrammi di flusso: Blocchi di inizio/fine



Diagrammi di flusso: Blocchi di azione



Diagrammi di flusso: Blocco di decisione



Diagrammi di flusso: Blocco di connessione

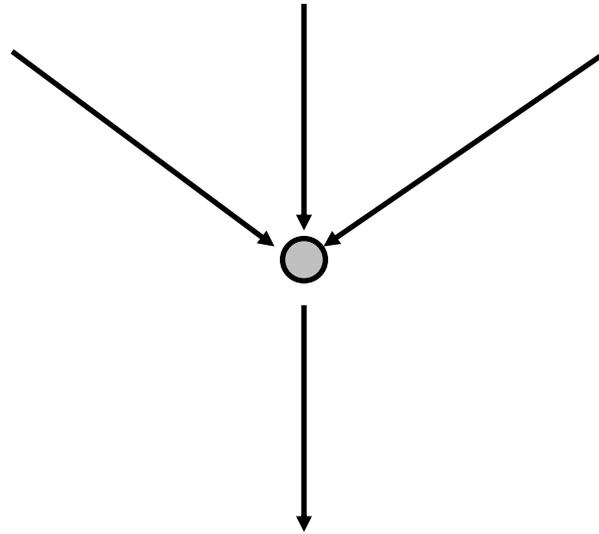


Diagramma di flusso : Esempio

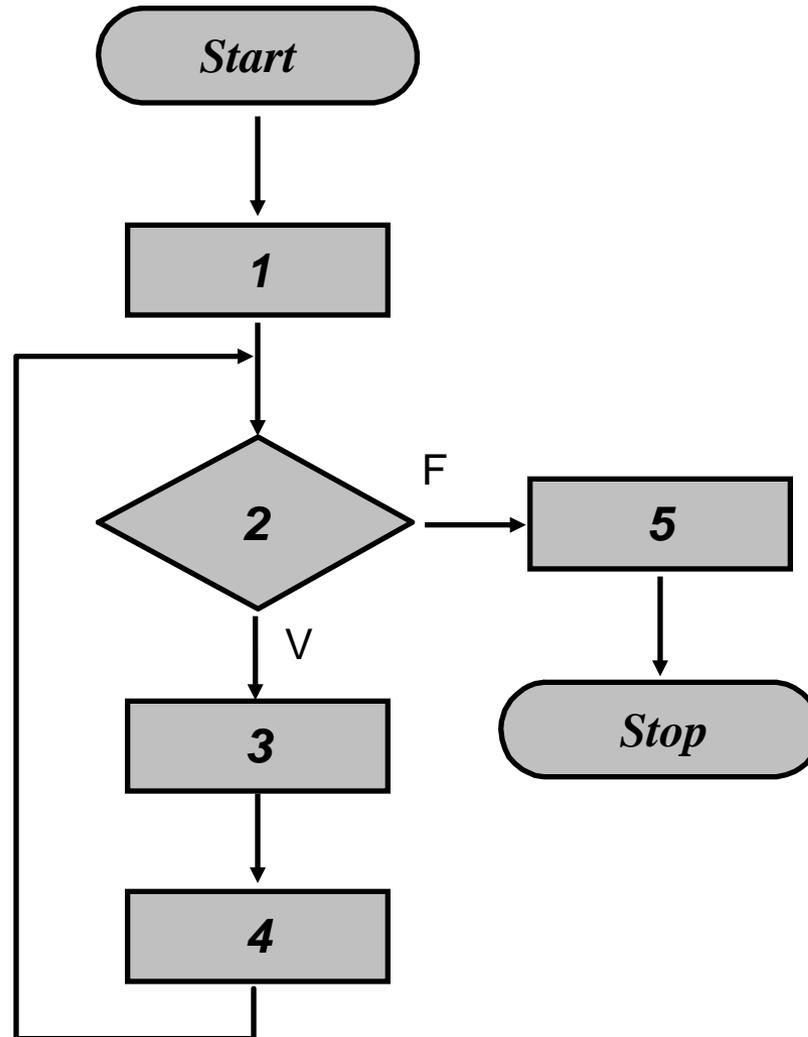
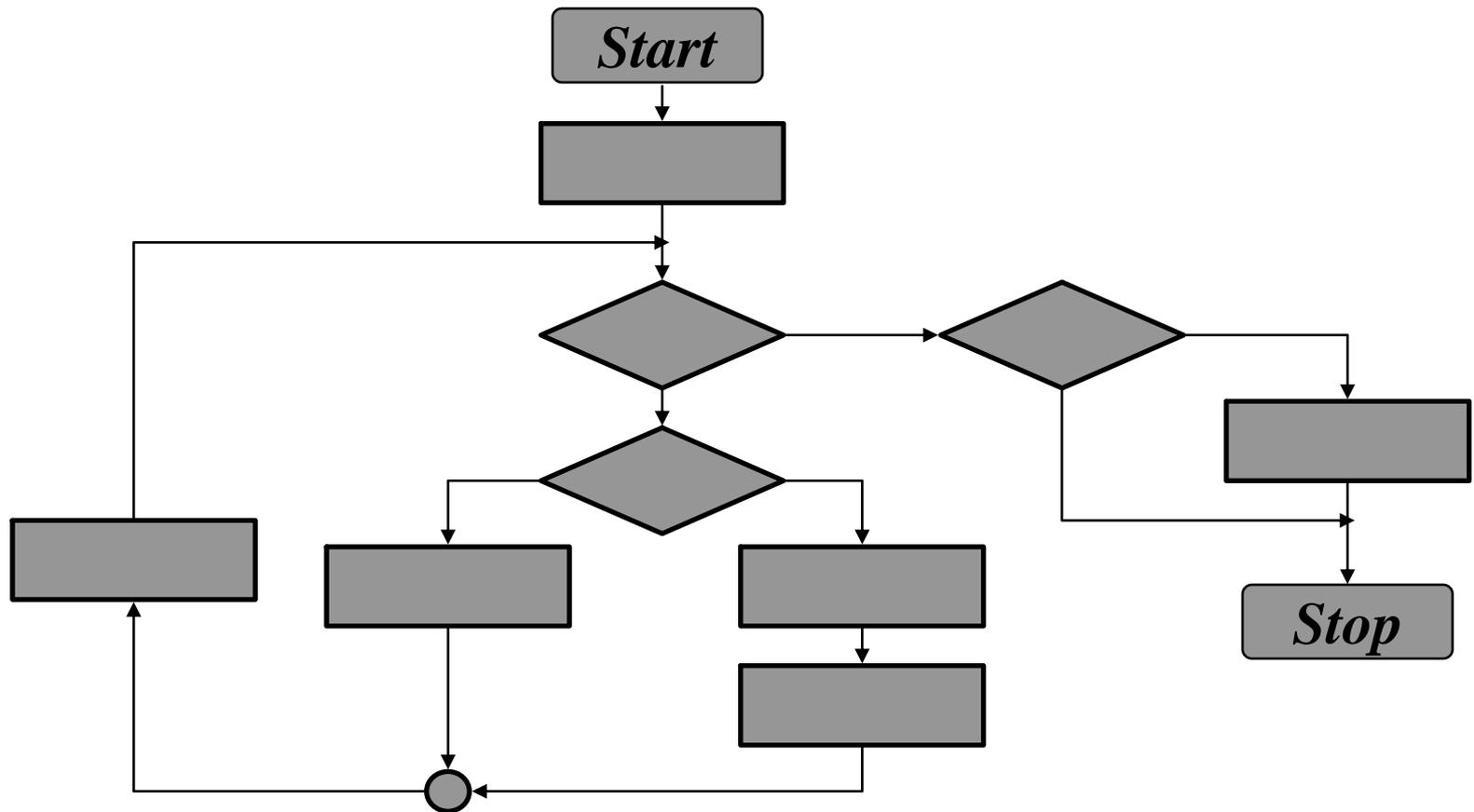


Diagramma di flusso : Esempio



Costruzione di diagrammi di flusso

- Per mezzo dei diagrammi di flusso si possono rappresentare flussi logici complicati a piacere
- E' però preferibile scrivere diagrammi di flusso *strutturati*, che seguano cioè le regole della programmazione strutturata
- Così facendo si ottiene:
 - Maggiore formalizzazione dei problemi
 - Riutilizzabilità del codice
 - Maggiore leggibilità

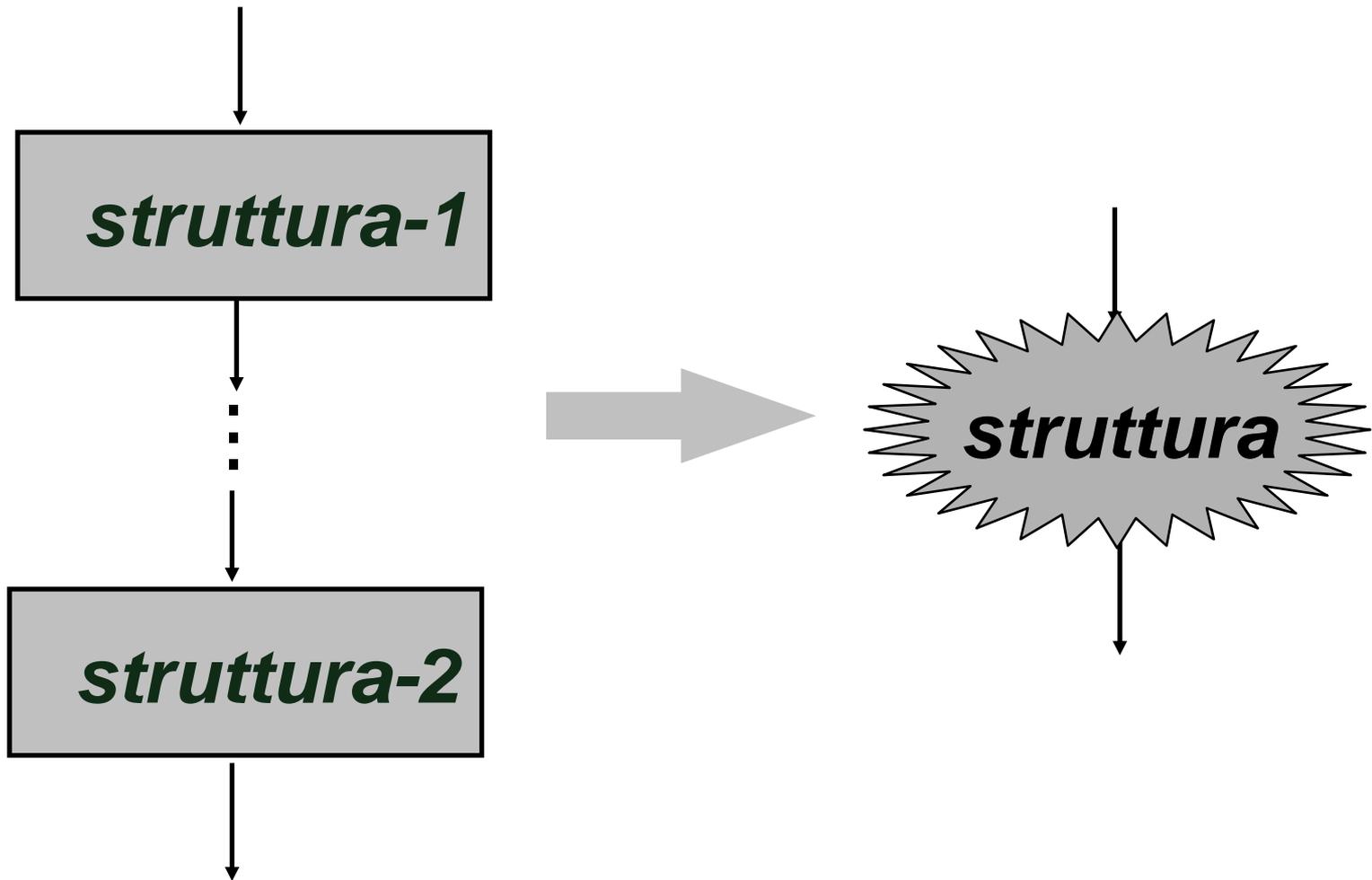
Diagrammi di flusso strutturati

- Definizione formale:
 - Diagrammi di flusso strutturati: Composti da *strutture elementari* indipendenti tra loro
 - Struttura elementare = Composizione particolare di blocchi elementari
 - Sempre riducibili ad un diagramma di flusso elementare costituito da un'unica azione
- Rispetto a diagrammi di flusso non strutturati questo implica l'assenza di *salti incondizionati* all'interno del flusso logico del diagramma

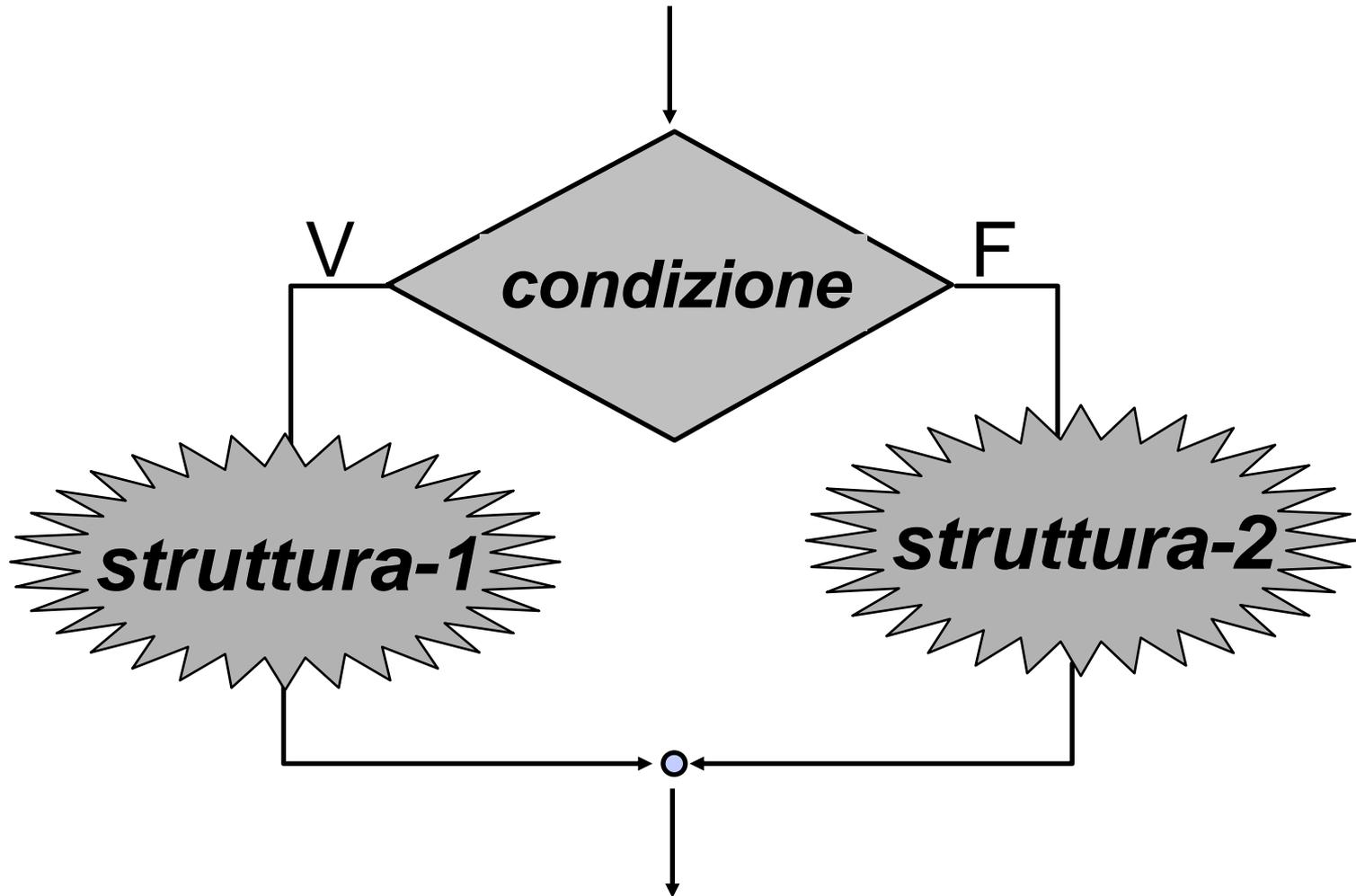
Diagrammi di flusso strutturati (Cont.)

- Un diagramma di flusso è detto strutturato se contiene solo un insieme predefinito di *strutture elementari*:
 - Uno ed *uno solo* blocco Start
 - Uno ed *uno solo* blocco Stop
 - Sequenza di blocchi (di azione e/o di input-output)
 - If - Then - (Else)
 - While - Do
 - Repeat - Until

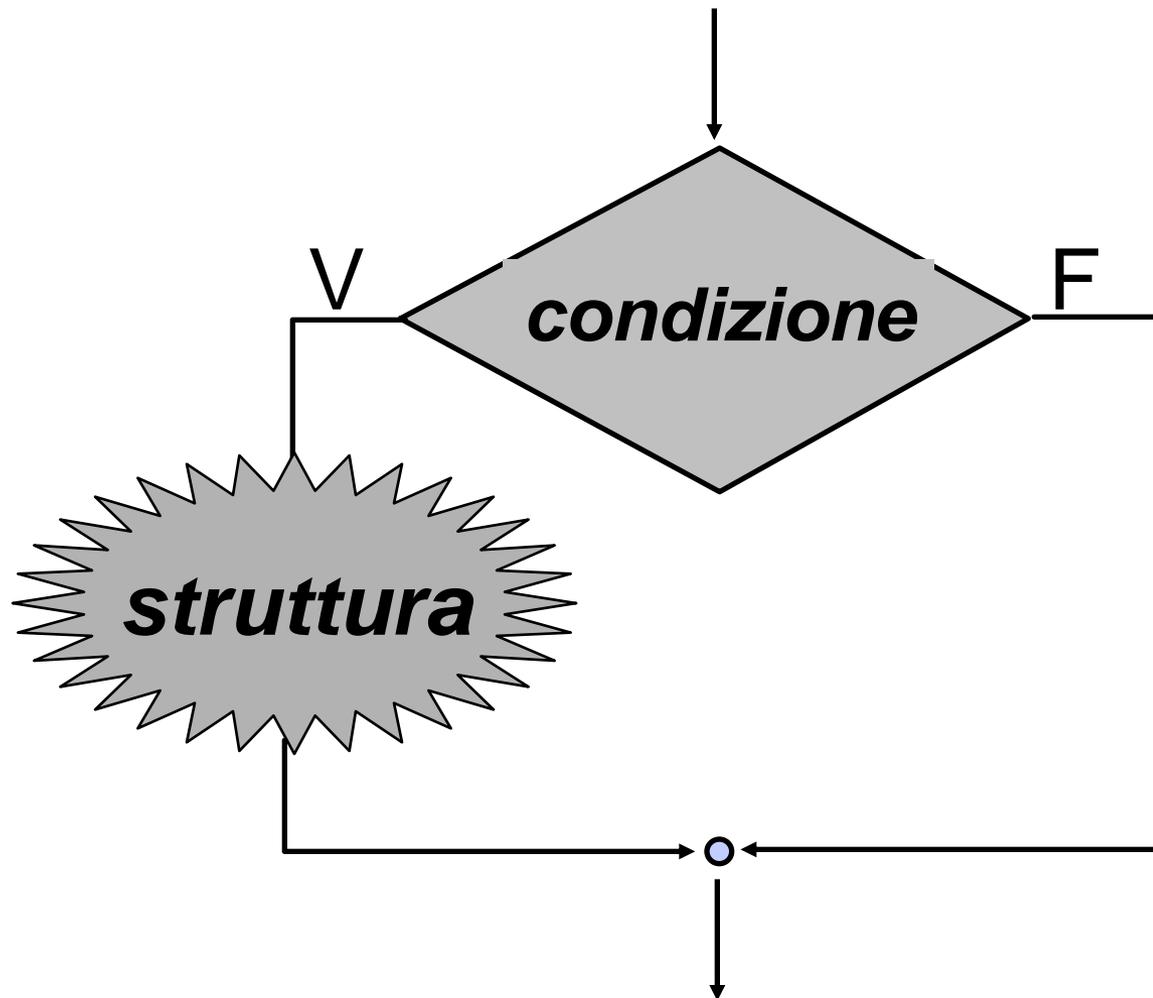
Sequenza



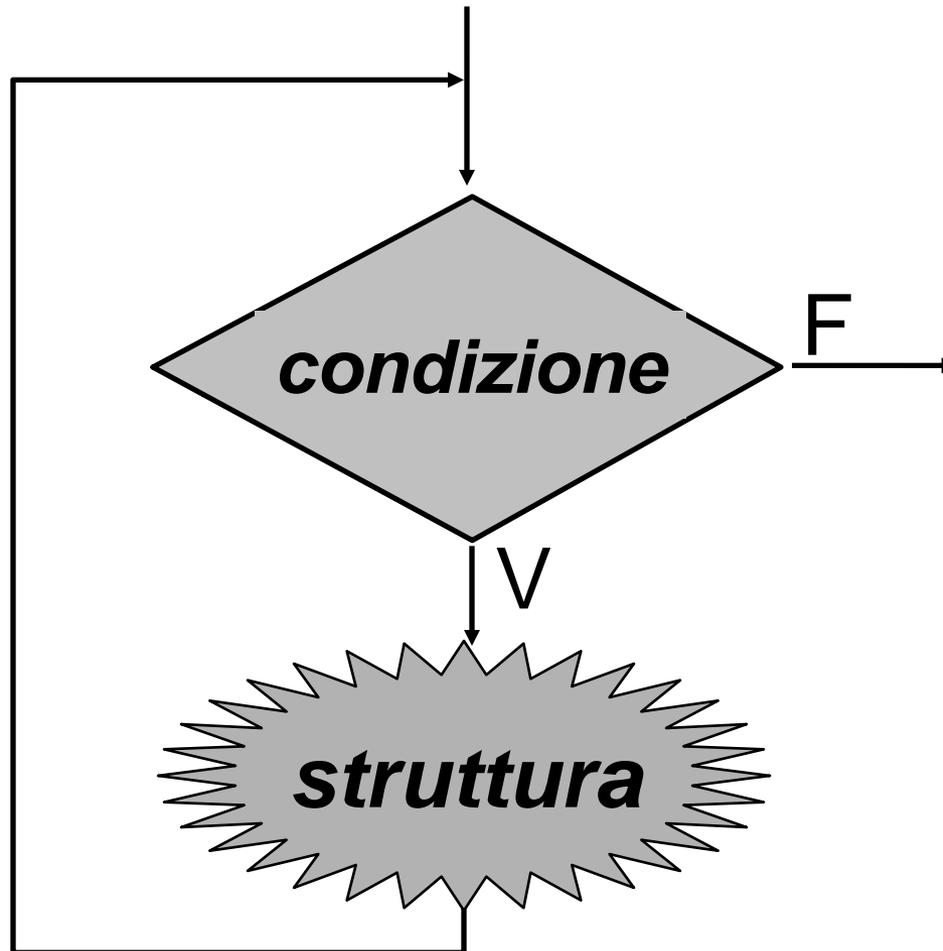
If-Then-Else



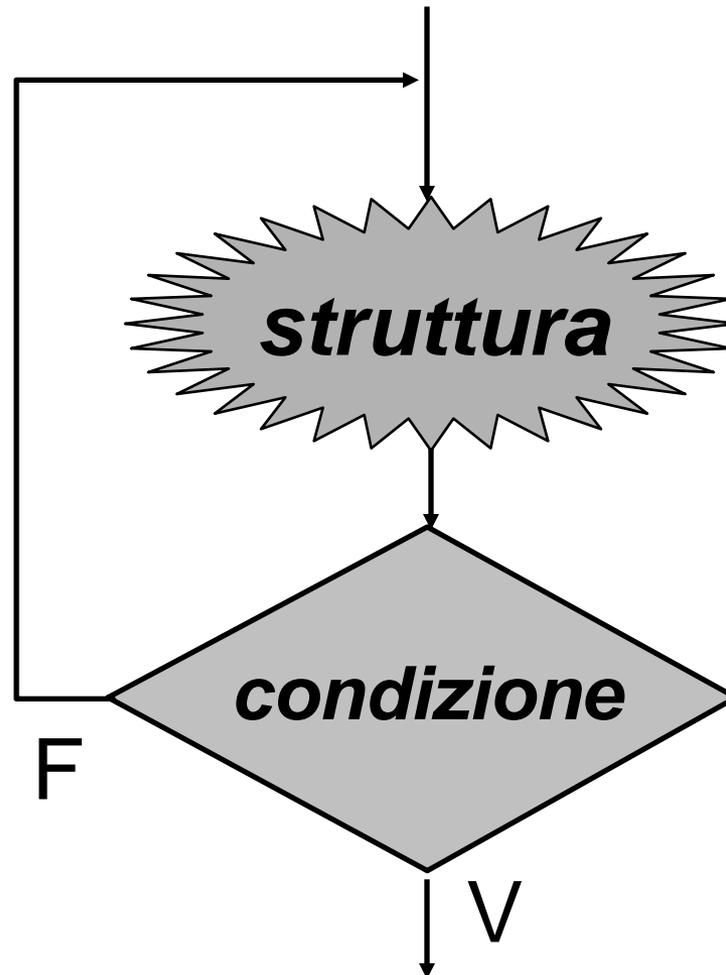
If-Then



While-Do



do - while



Teorema di Böhm - Jacopini

Qualunque diagramma di flusso è sempre trasformabile in un diagramma di flusso strutturato equivalente a quello dato

- Quindi, qualunque flusso logico può essere realizzato utilizzando solamente due strutture di controllo:
 - Meccanismo di decisione
 - Meccanismo di ripetizione (*loop*)

Settimana n.2

Obiettivi

- Utilizzo del compilatore e ciclo scrittura-compilazione-esecuzione.

Contenuti

- Linguaggi di programmazione
- Dati e istruzioni
- Architettura di un elaboratore
- Il linguaggio C
- Uso del compilatore
- Variabili (tipo int, float)
- Rappresentazione dei dati numerici e non numerici

Dalla soluzione al programma

- La scrittura del programma vero e proprio è praticamente immediata a partire dalla soluzione formale
- I linguaggi di programmazione forniscono infatti costrutti di diversa complessità a seconda del tipo di linguaggio

Quali linguaggi?

- Diversi livelli (di astrazione)
 - Linguaggi ad alto livello
 - Elementi del linguaggio hanno complessità equivalente ai blocchi dei diagrammi di flusso strutturati (condizionali, cicli,...)
 - Esempio: C, C++, Basic, Pascal, Fortran, Java, etc.
 - Indipendenti dall' hardware
 - Linguaggi “assembler”
 - Elementi del linguaggio sono istruzioni microarchitetturali
 - Dipendenti dall' hardware
 - Esempio: Assembler del microprocessore Intel Pentium

Quali linguaggi? (Cont.)

- Esempi:

- Linguaggi ad alto livello

```
...  
if (x > 3) then x = x+1;  
...
```

- Linguaggi assembler

```
...  
LOAD Reg1, Mem[1000]  
ADD Reg1, 10  
...
```

Specifico per una specifica
architettura (microprocessore)

Elementi del linguaggio

- Essendo il linguaggio un'astrazione, esistono alcuni fondamentali elementi sintattici essenziali per l'uso del linguaggio stesso:
 - **Parole chiave** (*keyword*)
 - **Dati**
 - **Identificatori**
 - **Istruzioni**
- Gli elementi sintattici definiscono la struttura formale di tutti i linguaggi di programmazione

Parole chiave (keyword)

- Vocaboli “riservati” al traduttore per riconoscere altri elementi del linguaggio
 - Le istruzioni sono tutte identificate da una keyword
 - Esempio: La keyword `PRINT` in alcuni linguaggi identifica il comando di visualizzazione su schermo
- Non possono essere usate per altri scopi
- Costituiscono i “mattoni” della sintassi del linguaggio

Dati

- Vista calcolatore:
 - *Dato = Insieme di bit memorizzato in memoria centrale*
- Vista utente:
 - *Dato = Quantità associata ad un certo significato*
- Il linguaggio di programmazione supporta la vista utente
- Dato individuato da:
 - Un **nome** (*identificatore*)
 - Una **interpretazione** (*tipo*)
 - Una **modalità di accesso** (costante o variabile)

Identificatore

- Indica il nome di un dato (e di altre entità) in un programma
- Permette di dare nomi intuitivi ai dati
- Esempio:
 - `X`, `raggio`, `dimensione`, ...
- Nome unico all'interno di un preciso "ambiente di visibilità"
 - Dati diversi = Nomi diversi!

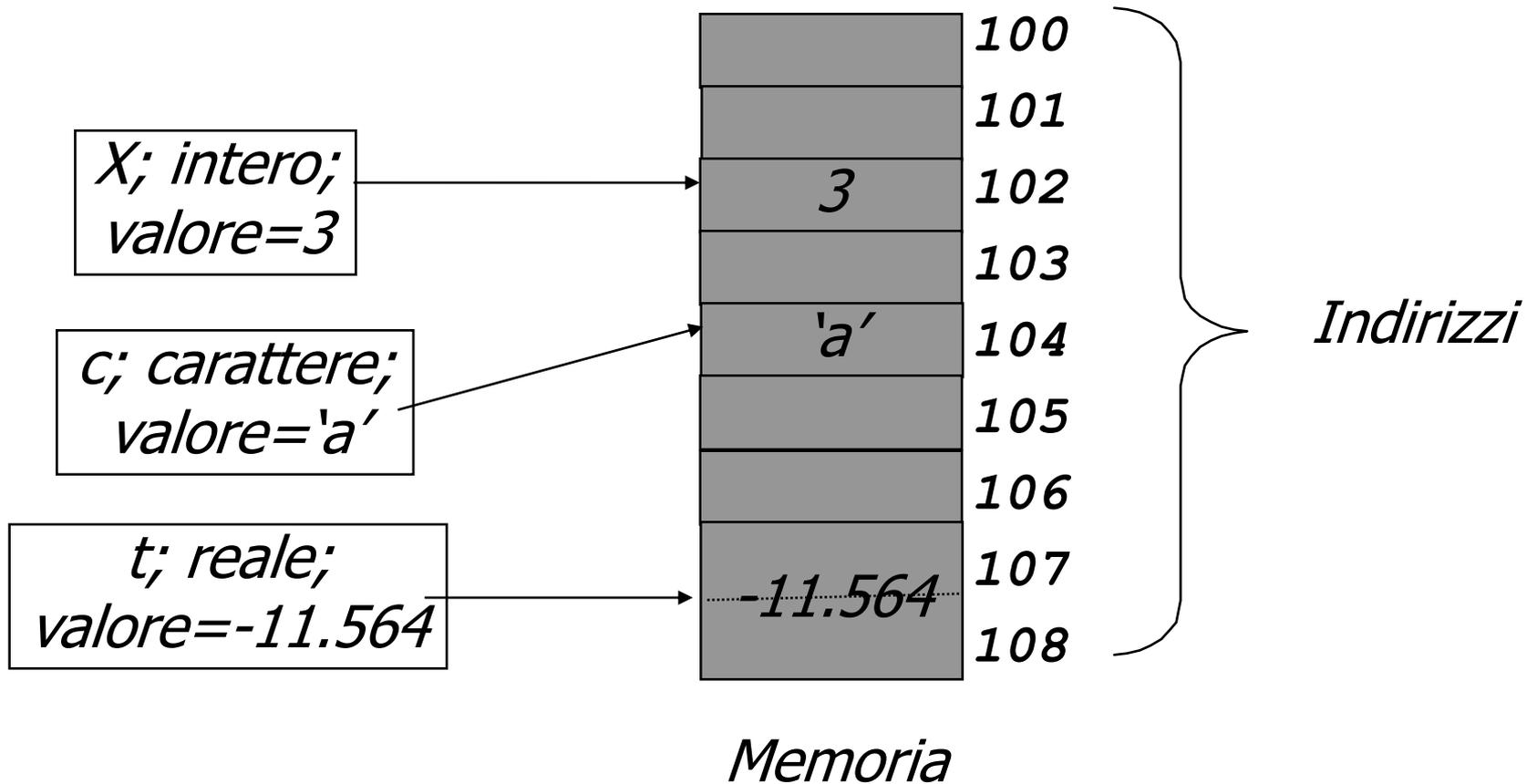
Tipo

- Indica l'interpretazione dei dati in memoria
- Legato *allo spazio occupato da un dato*
- Permette di definire tipi "primitivi" (numeri, simboli) indipendentemente dal tipo di memorizzazione del sistema

Tipo di accesso

- Indica la modalità di accesso ai dati:
 - Variabili
 - Dati modificabili
 - Valore modificabile in qualunque punto del programma
 - Costanti
 - Dati a sola lettura
 - Valore assegnato una volta per tutte

Astrazione dei dati



Istruzioni

- Indicano le operazioni che il linguaggio permette di eseguire (traducendole) a livello macchina:
 - **Pseudo-istruzioni**
 - Direttive non eseguibili
 - **Istruzioni elementari**
 - Operazioni direttamente corrispondenti ad *operazioni hardware*
 - Esempio: Interazione con i dispositivi di I/O, modifica/accesso a dati
 - **Istruzioni di controllo del flusso**
 - Permettono di eseguire delle combinazioni di operazioni complesse

Esempio di programma

```
PROGRAM prova;
```

```
// programma di prova ← Pseudo-istruzione
```

```
CONSTANTS
```

```
pi = 3.14159
```

```
coeff = 0.19
```

```
VARIABLES
```

```
x: INTEGER
```

```
y: REAL
```

```
c: CHARACTER
```

```
BEGIN PROGRAM
```

```
x = 2;
```

```
IF (y > 2) THEN y = x * pi;
```

```
PRINT x, y;
```

```
END PROGRAM
```

Identificatori
PAROLE CHIAVE

Specifica di celle di memoria

Specifica di tipo

*Istruzione
di controllo
del flusso*

*Istruzioni
elementari*

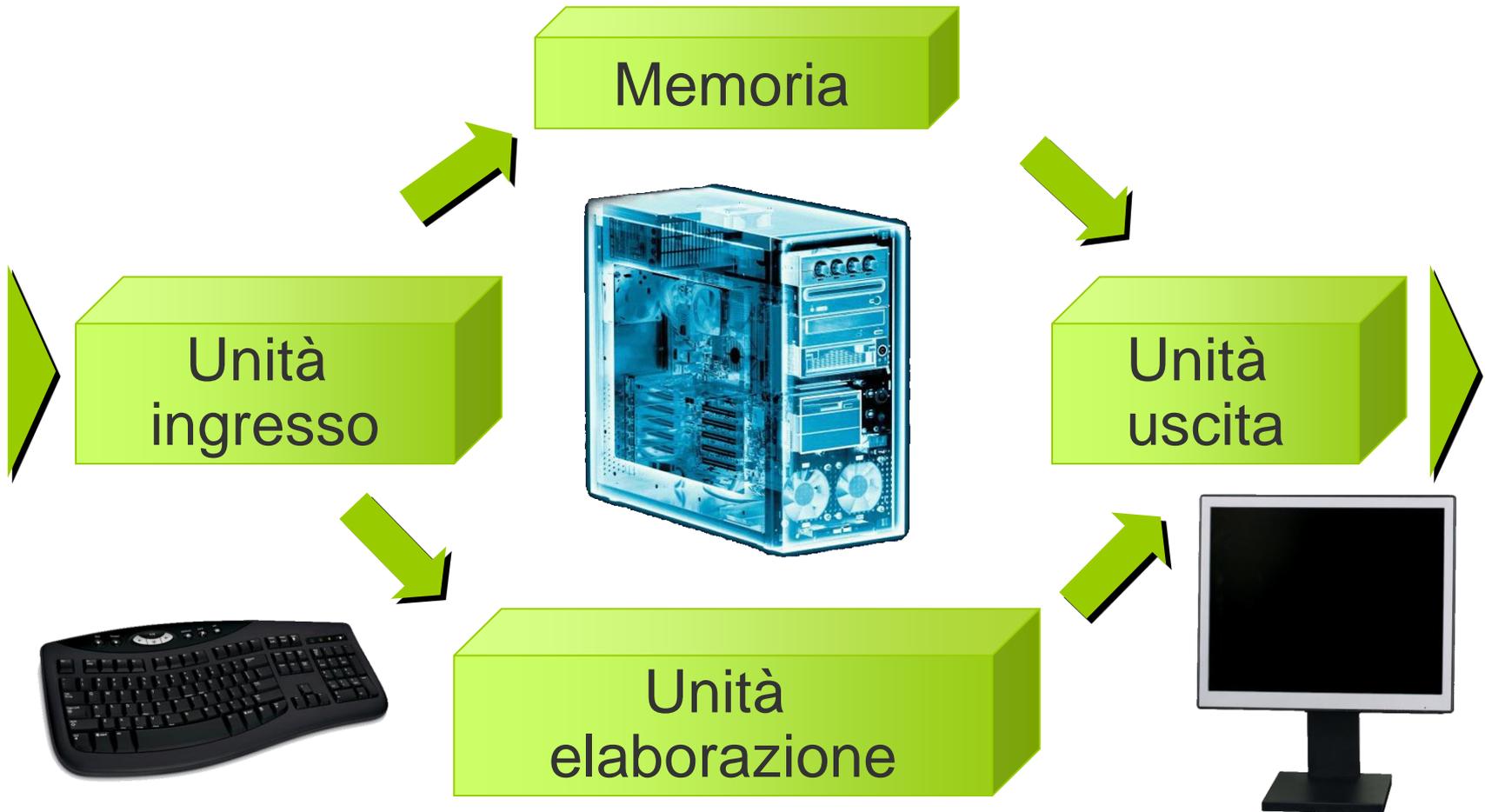
*Parte
“operativa”*

Linguaggio di programmazione

- Imparare un linguaggio significa conoscere:
 - Le parole chiave
 - I tipi predefiniti
 - Le istruzioni e la loro sintassi
- In questo corso:
 - Linguaggio C
- Estensione dei concetti a linguaggi analoghi è immediata

Architettura degli elaboratori

I blocchi fondamentali dell'elaboratore



I blocchi fondamentali dell'elaboratore



I chip fondamentali



Microprocessore

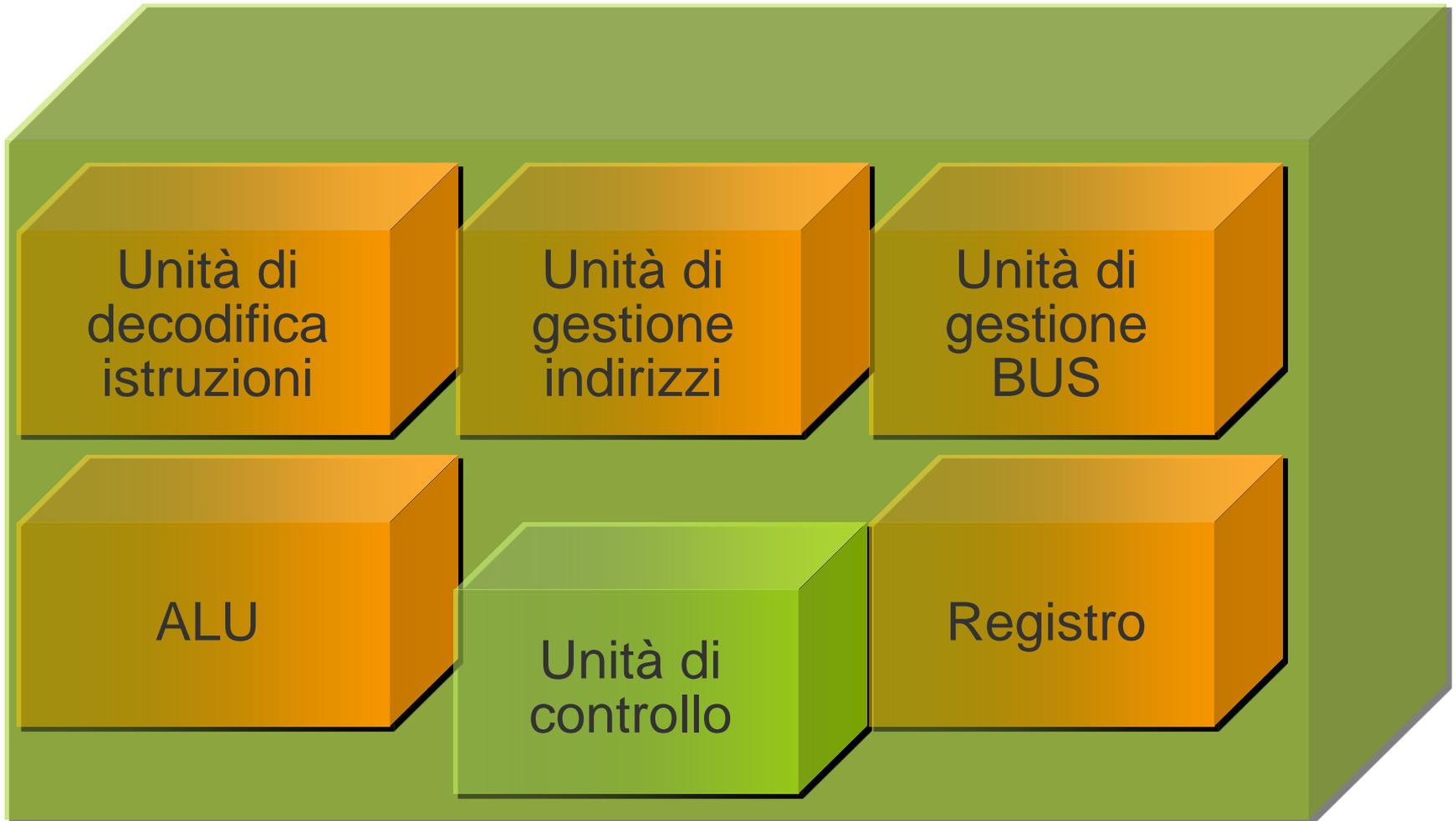


Memoria centrale - RAM

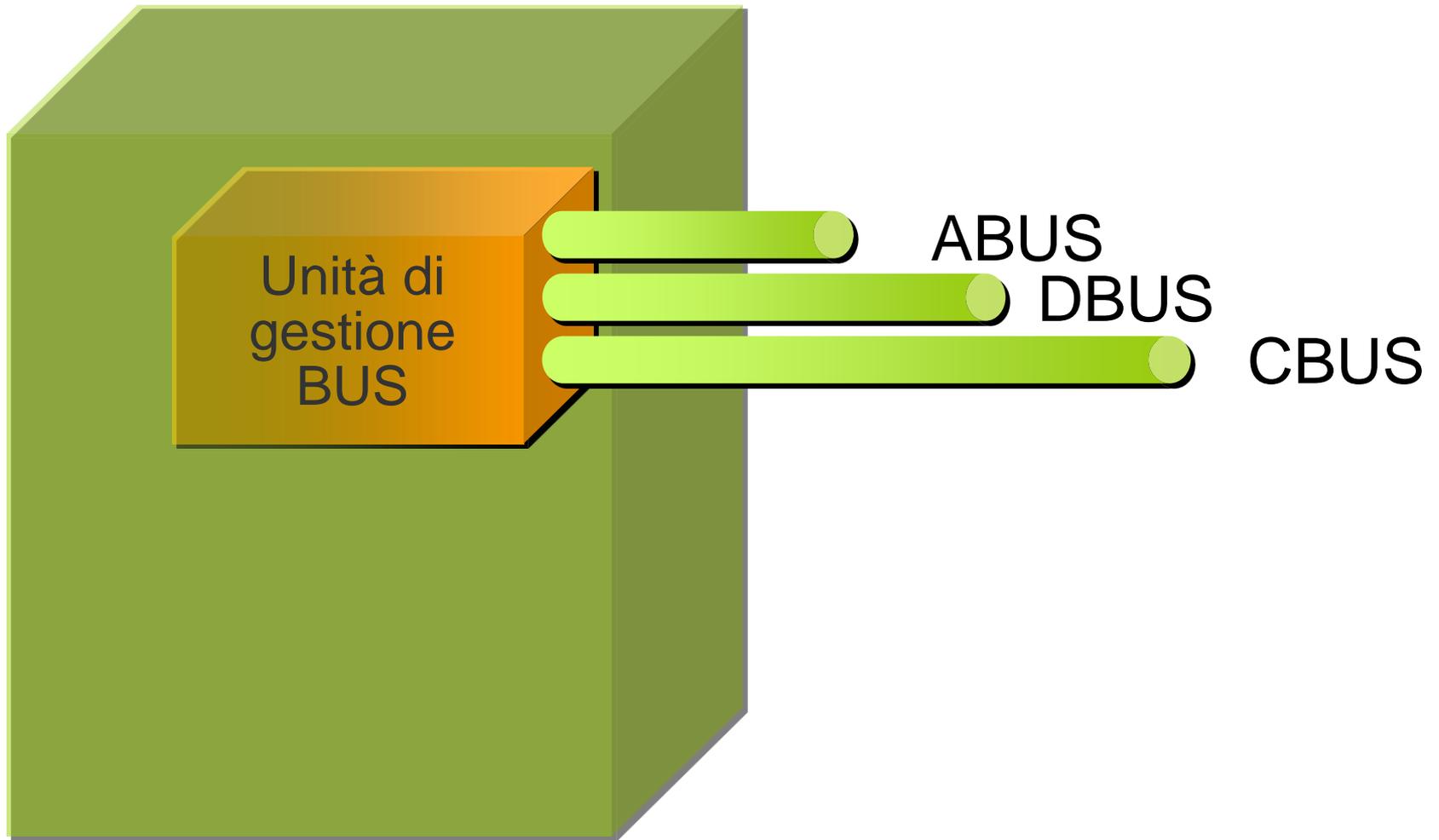
Microprocessore

- Un microprocessore (sovente abbreviato come μP) è un chip che realizza le funzioni di una "central processing unit (CPU)" in un computer o in un sistema digitale

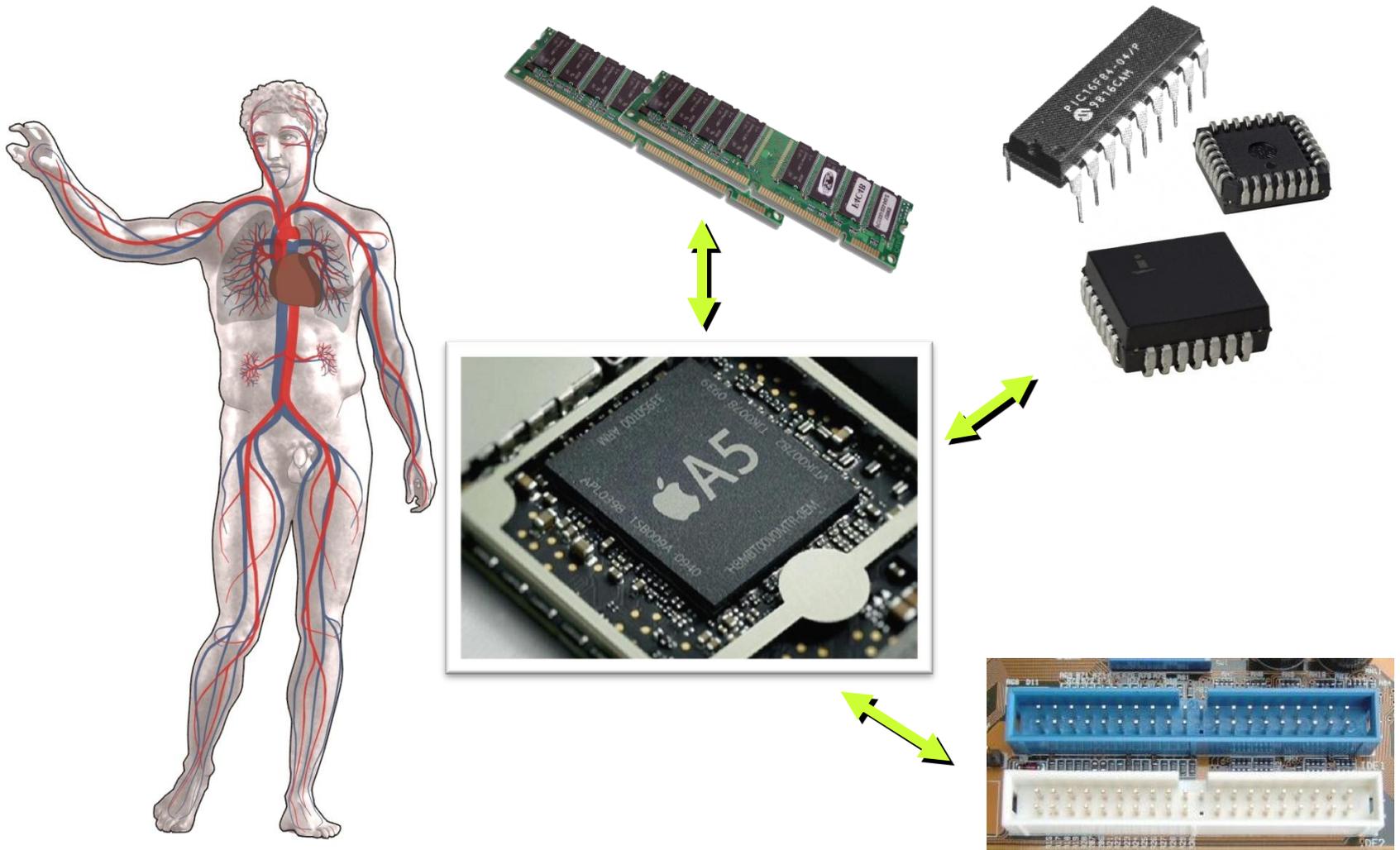
CPU (Central Processing Unit)



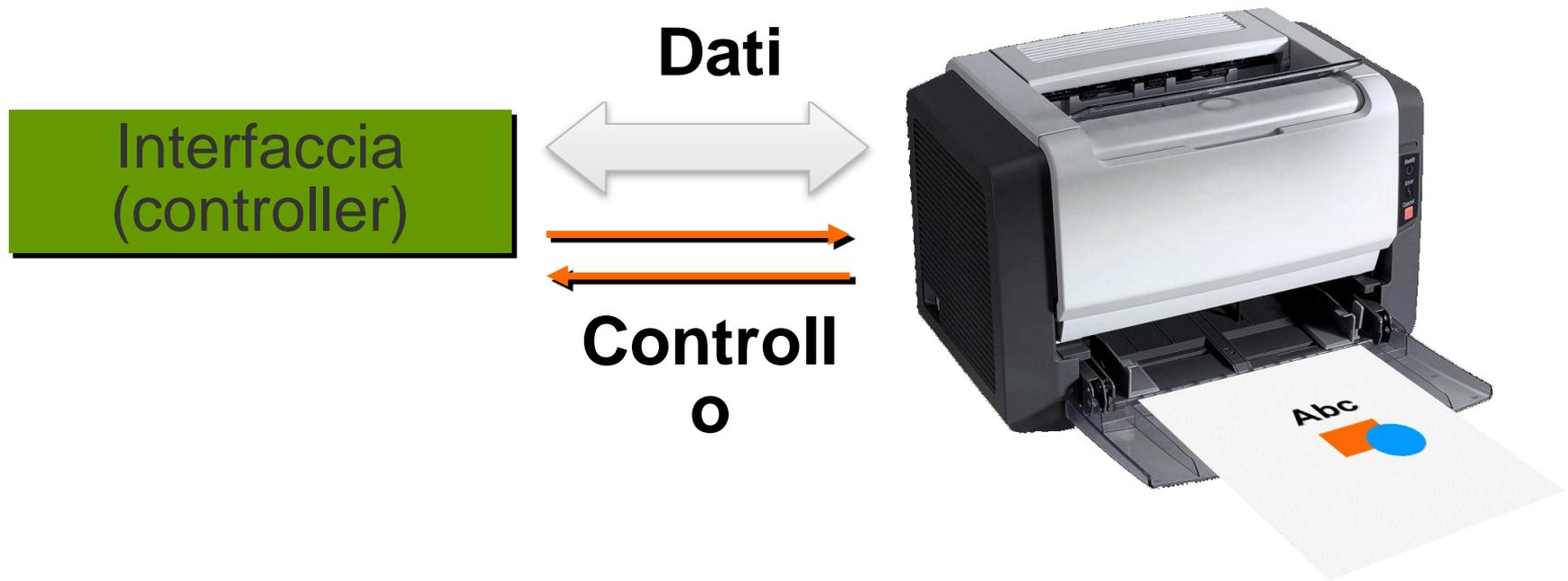
Microprocessore



I Bus (sistema circolatorio del PC)



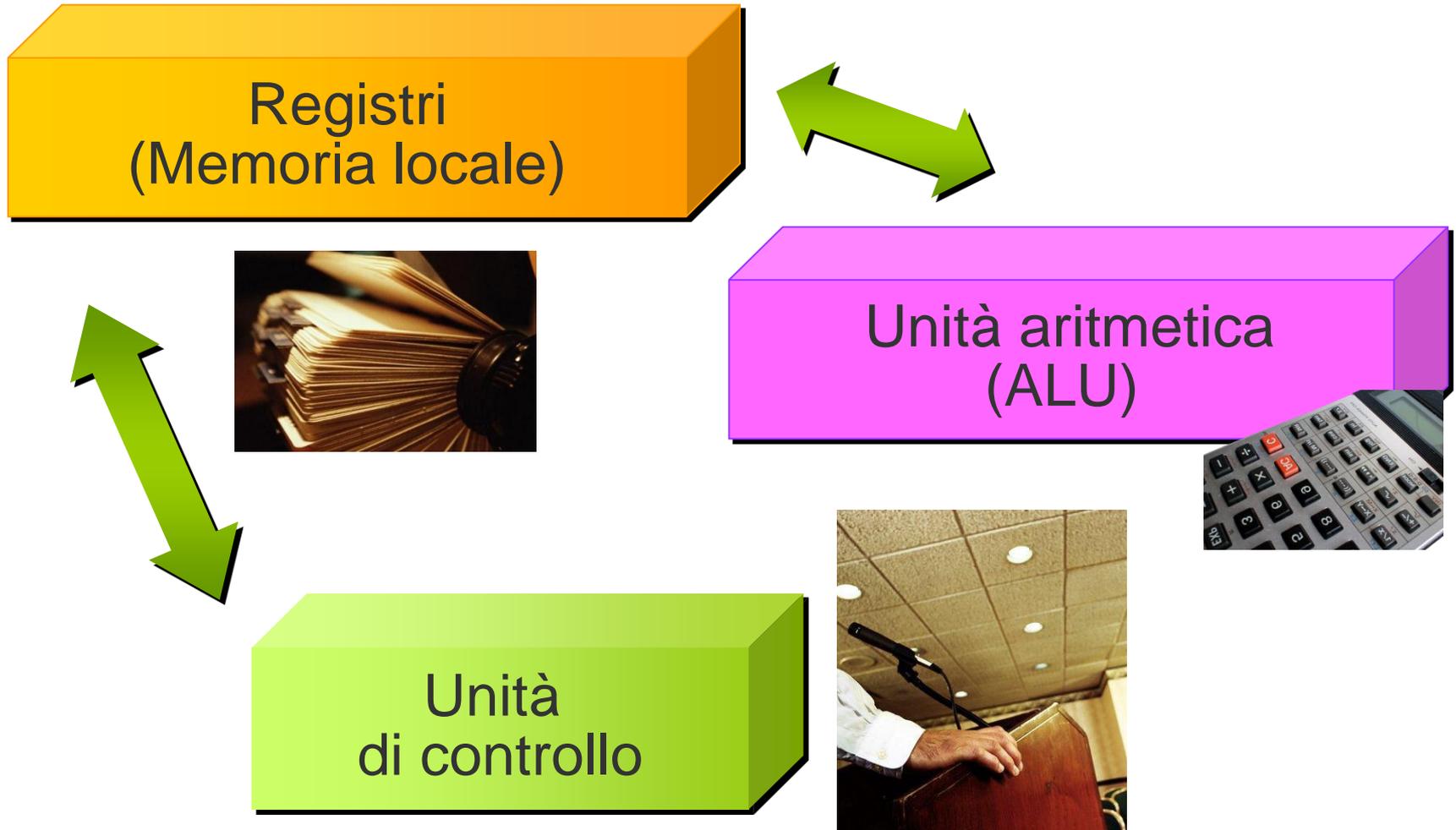
Dispositivi periferici



Unità di input/output

- Trasformano informazioni dal mondo umano a quello del computer e viceversa:
 - umano = diversi tipi di segnali fisici, analogici, asincroni
 - computer = segnali solo elettronici, digitali, sincroni

CPU



Registri

- Elementi di memoria locale usati per conservare temporaneamente dei dati (es. risultati parziali).
- Pochi (8...128)
- Dimensione di una word (8...64 bit)

Unità operativa

- Svolge tutte le elaborazioni richieste (aritmetiche, logiche, grafiche, ...).
- E' composta di:
 - ALU
 - flag
 - registri

ALU (Arithmetic-Logic Unit)

- Svolge tutti i calcoli (aritmetici e logici)
- Solitamente composta da circuiti combinatori

Unità di controllo

- E' il cervello dell' elaboratore:
 - in base al programma fornitole ...
 - ed allo stato di tutte le unità ...
 - decide l' operazione da eseguire ...
 - ed emette gli ordini relativi

Ciclo base di un elaboratore



CPU e FPU

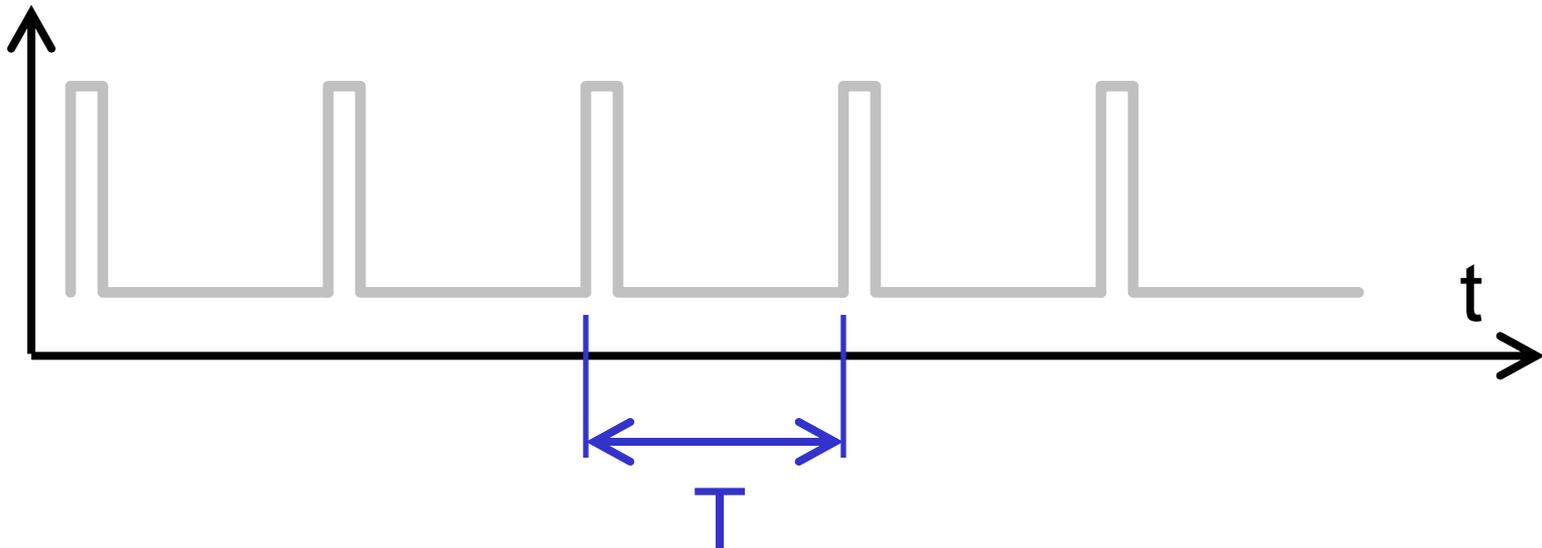
- Central Processing Unit (CPU):
 - CPU = UO + UC
 - microprocessore (mP) = CPU + “frattaglie”
- Floating Point Unit (FPU):
 - UO dedicata ai numeri reali
 - alias “coprocessore matematico”

Il clock

- Ogni elaboratore contiene un elemento di temporizzazione (detto clock) che genera un riferimento temporale comune per tutti gli elementi costituenti il sistema di elaborazione.

Il clock

- $T = \textit{periodo}$ di clock
 - unità di misura = s
- $f = \textit{frequenza}$ di clock (= $1 / T$)
 - unità di misura = $s^{-1} = \text{Hz}$ (cicli/s)



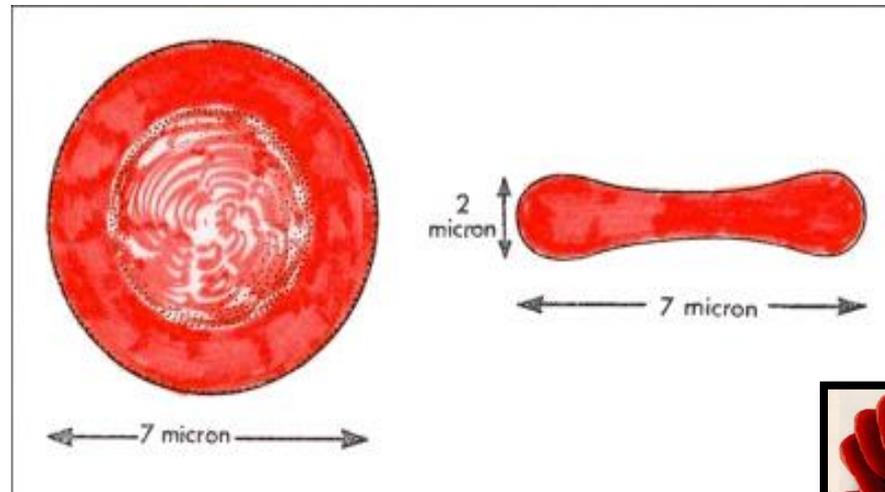
Nota

- In un Intel Core i7-2700 la frequenza di clock è 3.5 GHz
 - In 3.5 miliardesimi di secondo la luce percorre 1 metro (104.93 cm)



Nota

- Diversi Intel Core i7 e i5 sono costruiti con tecnologia a 32 nm
 - Il diametro di un atomo di cesio è 0.5 nm
 - Un globulo rosso è alto 2 000 nm e largo 7 000 nm
 - Un capello è spesso 100 000 nm



Tempistica delle istruzioni

- Un ciclo-macchina è l'intervallo di tempo in cui viene svolta una operazione elementare ed è un multiplo intero del periodo del clock
- L'esecuzione di un'istruzione richiede un numero intero di cicli macchina, variabile a seconda del tipo di istruzione

Memoria

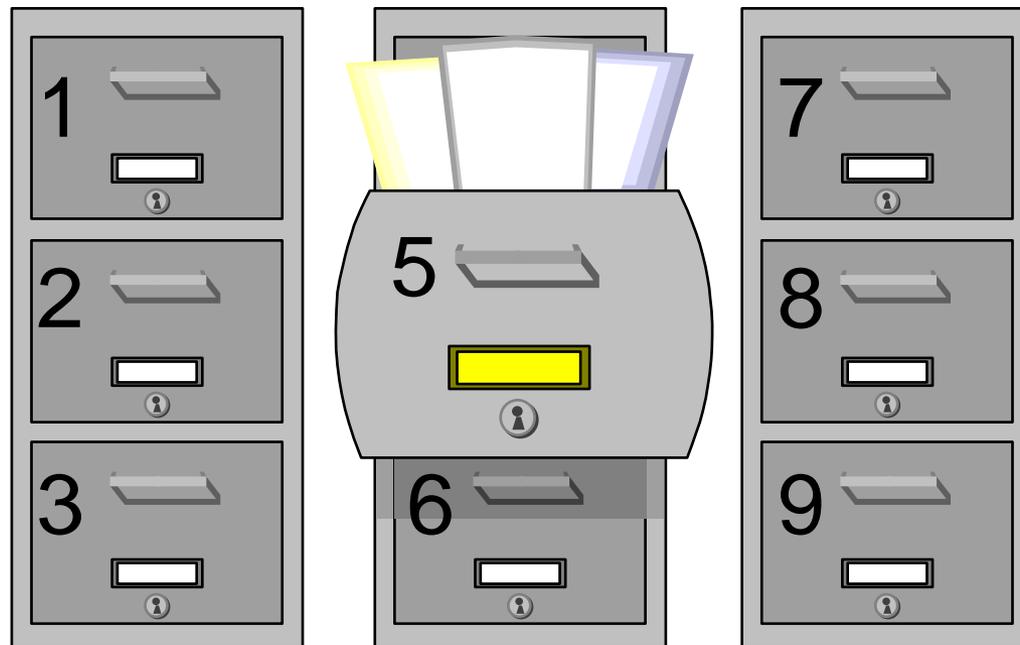


Memoria

- Memorizza i dati e le istruzioni necessarie all'elaboratore per operare.
- Caratteristiche:
 - indirizzamento
 - parallelismo
 - accesso (sequenziale o casuale)

Indirizzamento

- La memoria è organizzata in celle (mimima unità accessibile direttamente). Ad ogni cella di memoria è associato un indirizzo (numerico) per identificarla univocamente.



Parallelismo

- Ogni cella di memoria contiene una quantità fissa di bit:
 - identica per tutte le celle (di una certa unità di memoria)
 - accessibile con un' unica istruzione
 - è un multiplo del byte
 - minimo un byte (tipicamente una word per la memoria principale a supporto dell'UO)

Memoria interna

- All' interno dell' elaboratore
- E` allo stato solido (chip)
- Solitamente è volatile
- Veloce (nanosecondi, 10^{-9} s)
- Quantità limitata (qualche GB)
- Non rimovibile
- Costosa (0.1 € / MB)

Memoria esterna

- All' esterno dell' elaboratore
- Talvolta rimovibile
- Non elettronica (es. magnetica)
- Permanente
- Lenta (millisecondi, 10^{-3} s)
- Grande quantità (qualche TB)
- Economica (0.1 € / GB)

Memoria RAM (Random Access Memory)

- Circuiti integrati
- Il tempo di accesso è costante (indipendente dalla cella scelta)
- $T_a = \text{costante}$
- Ormai sinonimo di memoria interna volatile casuale a lettura e scrittura

La memoria RAM

I bit li voglio
nella RAM



Contengo i dati ed i
programmi
in esecuzione



La memoria centrale

Sistema Operativo

RAM

Programmi

RAM

Memoria Video

RAM video

Programma d'avvio
(boot program)

ROM

Memoria RAM

- Le memorie RAM possono essere di due tipi
 - SRAM: RAM statiche
 - Veloci (10 ns)
 - Minor impaccamento
 - Elevato costo per bit
 - DRAM: RAM dinamiche
 - Meno veloci (60 ns)
 - Maggior impaccamento (64 Mbit/chip)
 - Minor costo per bit

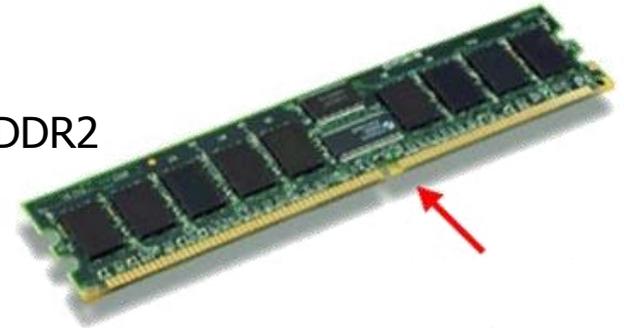
La Famiglia delle DRAM

- EDO RAM
- BEDO RAM
- SD RAM
- DDR2 - DDR3
- DRAM (Rambus RAM)

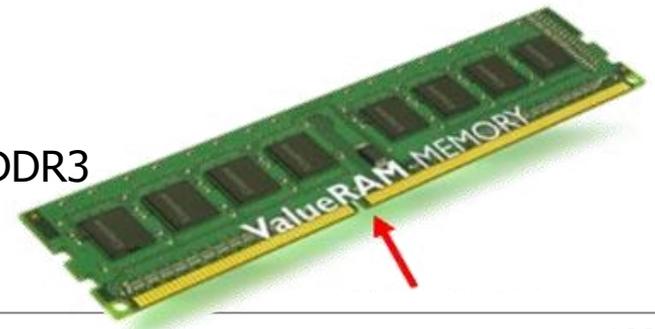
EDO RAM



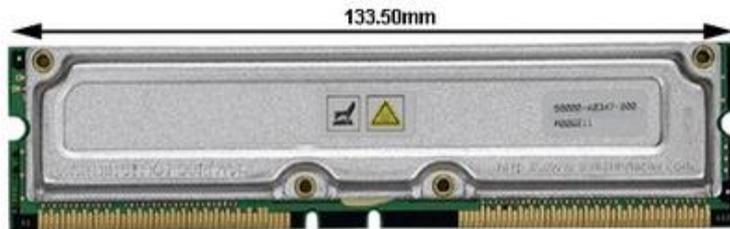
DDR2



DDR3



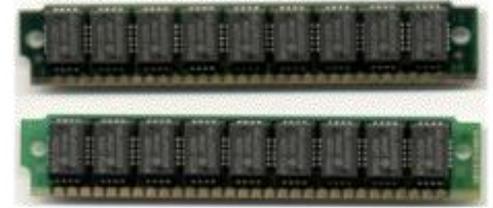
Rambus



Le schede delle DRAM

- SIMM
single in-line memory modules
canale di trasferimento a 32 bit
- DIMM
dual in-line memory modules
canale di trasferimento a 32 bit
- RIMM
Rambus in-line memory module

SIMM



DIMM



RIMM



Memoria ROM (Read-Only Memory)

- E' un concetto (memorie a sola lettura) ... ma anche una classe di dispositivi allo stato solido (memorie a prevalente lettura = molto più veloce o facile della scrittura).
- ROM
 - dati scritti in fabbrica
- PROM (Programmable ROM)
 - dati scritti dall' utente tramite un apparecchio speciale (programmatore)

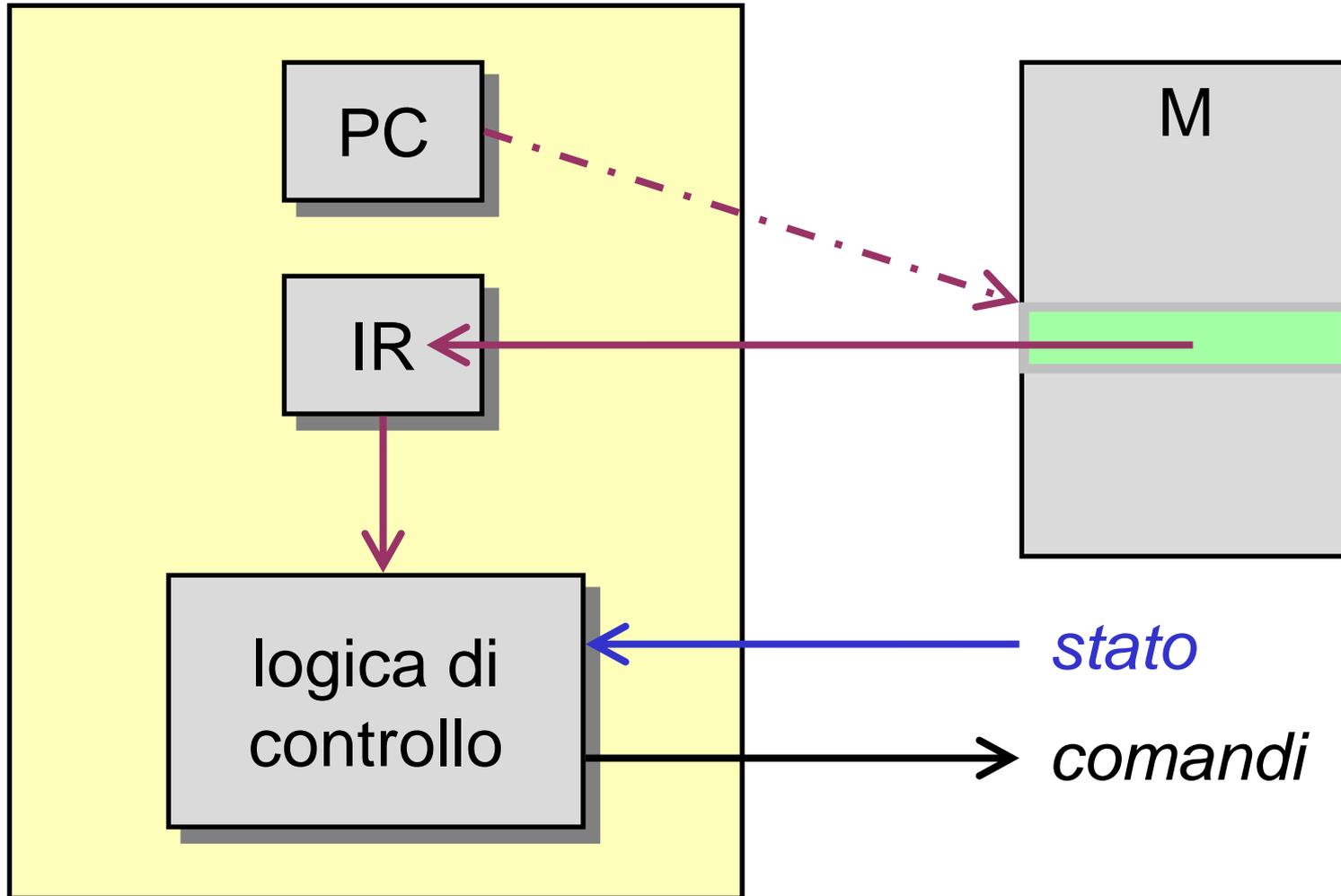
Memoria ROM (Cont.)

- EPROM (Erasable PROM)
 - PROM cancellabile tramite UV
- EAROM (Electrically Alterable ROM)
 - PROM cancellabile tramite circuito elettronico speciale
- EEPROM, E2PROM (Electrically Erasable PROM)
 - scrivibile/cancellabile mediante specifiche istruzioni mentre è installata sul sistema
- Flash memory
 - EEPROM veloce nella cancellazione (un blocco/tutta invece di un byte alla volta)

Unità di controllo

- E' il cuore dell' elaboratore:
 - in base al programma fornitole ...
 - ed allo stato di tutte le unità ...
 - decide l' operazione da eseguire ...
 - ed emette gli ordini relativi

Unità di controllo: schema funzionale



Componenti dell' UC

- PC (Program Counter)
registro che indica sempre l' indirizzo della cella di memoria che contiene la prossima istruzione da eseguire
- IR (Instruction Register)
registro che memorizza temporaneamente l' operazione corrente da eseguire
- Logica di controllo
interpreta il codice macchina in IR per decidere ed emette gli ordini che le varie unità devono eseguire

Esecuzione di un' istruzione

- Tre fasi distinte:

- fetch $IR \leftarrow M [PC]$
 $PC \leftarrow PC + 1$
- decode $ordini \leftarrow decode(IR)$
- execute ready? go!

MIPS (Million Instructions Per Second)

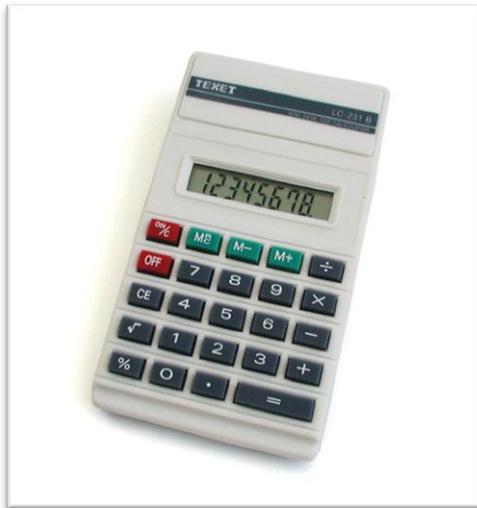
- f = frequenza di clock [Hz = cicli/s]
- T = periodo di clock = $1 / f$ [s]
- C = cicli macchina / istruzione
- $IPS = f / C = 1 / (T \cdot C)$
- $MIPS = IPS / 10^6$

MFLOPS (Million FLoating-point Operations Per Second)

- Velocità di elaborazione per problemi di tipo scientifico

Nota

- Calcolatrice tascabile: 10 FLOPS
- Tianhe-1 (天河一号): 2 566 petaFLOPS
i.e., 2 566 000 000 000 000 000 FLOPS

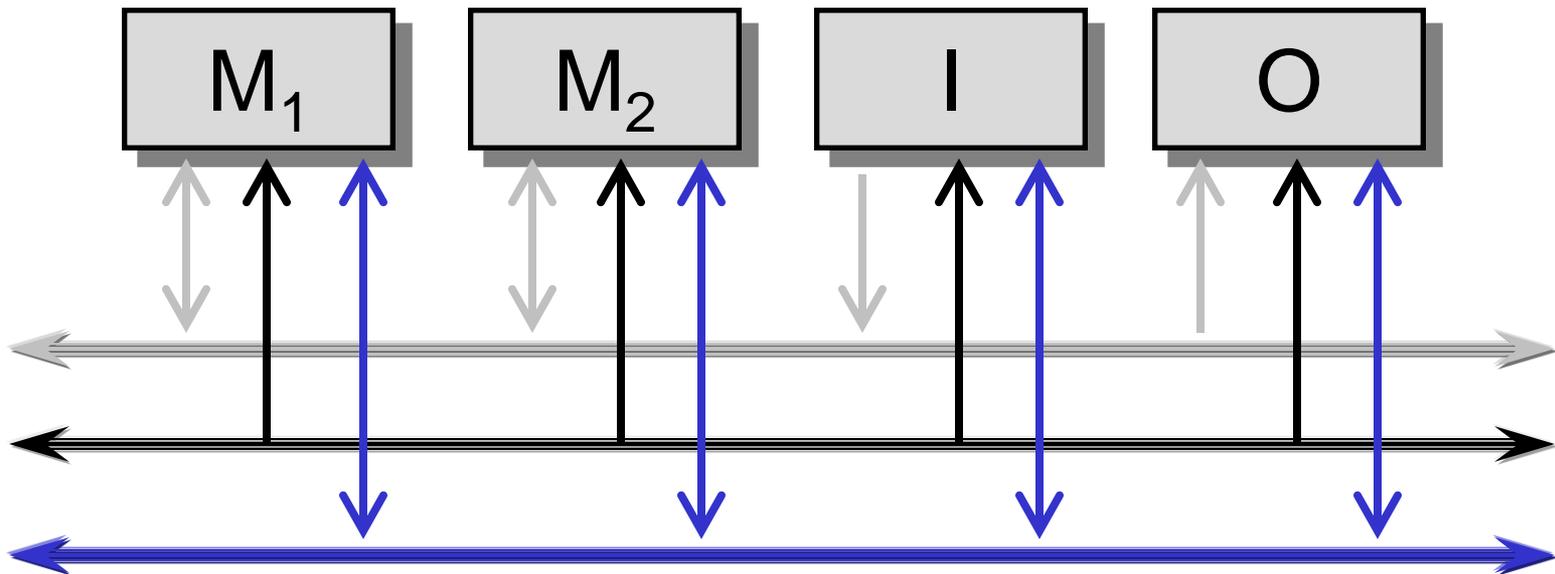


Caratteristiche di un bus

- Trasporto di un solo dato per volta
- Frequenza = n. di dati trasportati al secondo
- Ampiezza = n. di bit di cui è costituito un singolo dato
- Se mal dimensionato, potrebbe essere un collo di bottiglia

Tipi fondamentali di bus

- Un singolo bus è suddiviso in tre “sotto bus”, detti:
 - bus dati (DBus)
 - bus degli indirizzi (ABus)
 - bus di controllo (CBus)



Vecchie CPU Intel per PC

CPU	DBus	ABus	Cache	FPU
8088	8 bit	20 bit	No	No
8086	16 bit	20 bit	No	No
80286	16 bit	24 bit	No	No
80386	32 bit	32 bit	No	No
80486	32 bit	32 bit	8 KB	Sì
Pentium	64 bit	32 bit	8+8KB	Sì
Pentium 3	64 bit	32 bit	8+8/256	Sì

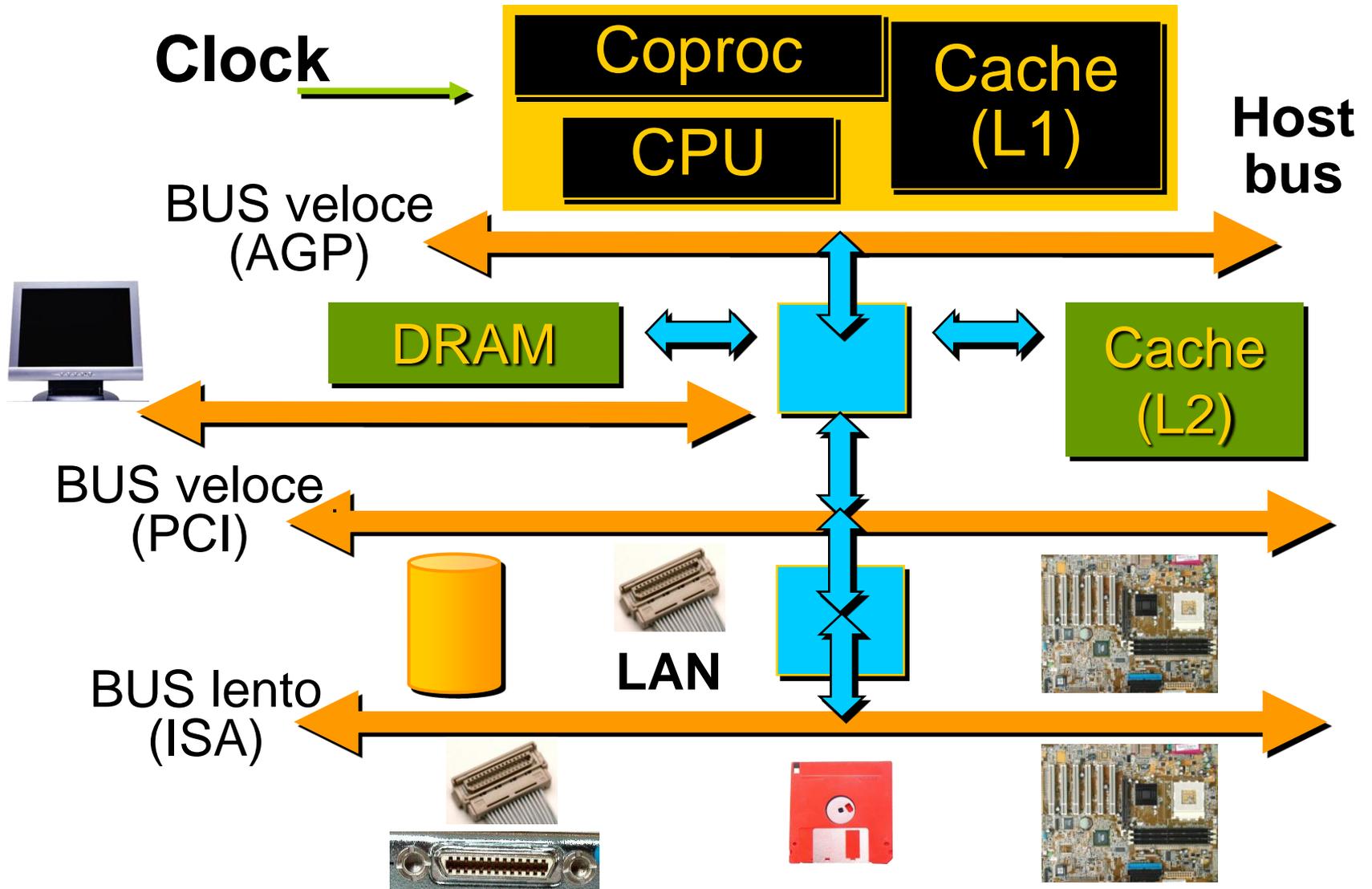
Massima memoria interna (fisicamente presente)

- La dimensione dell' Abus determina il max numero di celle di memoria indirizzabili
- La dimensione del Dbus “indica” la dimensione di una cella di memoria
- $\text{max mem} = 2^{|\text{Abus}|} \times |\text{Dbus}| \text{ bit}$
- Esempio (Abus da 20 bit, Dbus da 16 bit):
 - $\text{max mem} = 2^{20} \times 2 \text{ byte} = 2 \text{ MB}$
 - ossia 1 M celle di memoria, ognuna da 2 byte

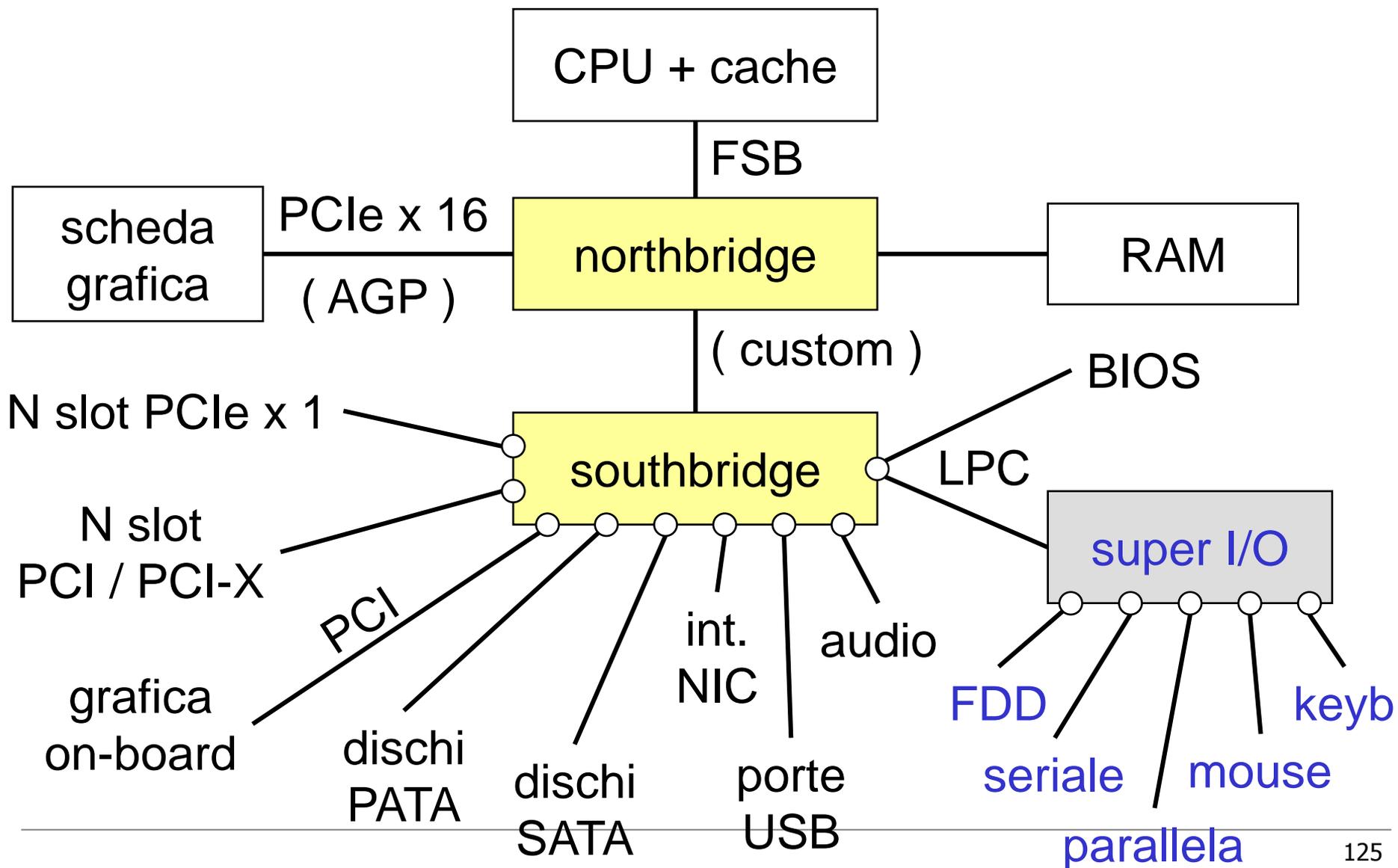
Massima memoria esterna

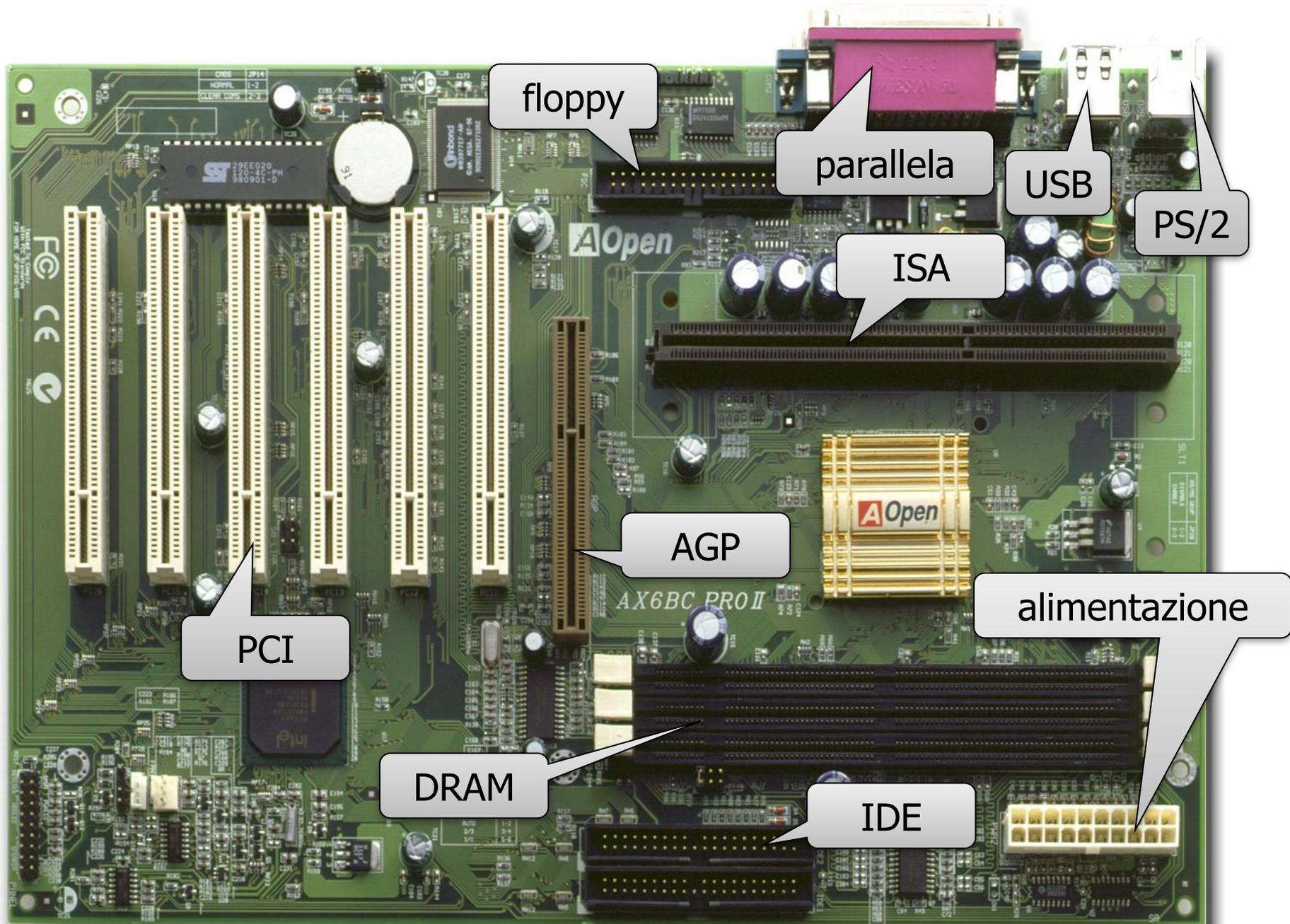
- La memoria esterna (es. dischi) non dipende dall' Abus perché viene vista come un periferico (di input e/o di output)
- La massima quantità di memoria esterna dipende dal bus di I/O (quello su cui sono collegati i periferici)

Architettura del PC



Architettura di un PC tradizionale





CPU multi-core

- Aumentare le prestazioni aumentando la frequenza di clock è difficile (interferenze EM, dissipazione di calore, velocità dei componenti):
- MIPS $\propto f$ ma anche Potenza (e Temperatura) $\propto f$

quindi:

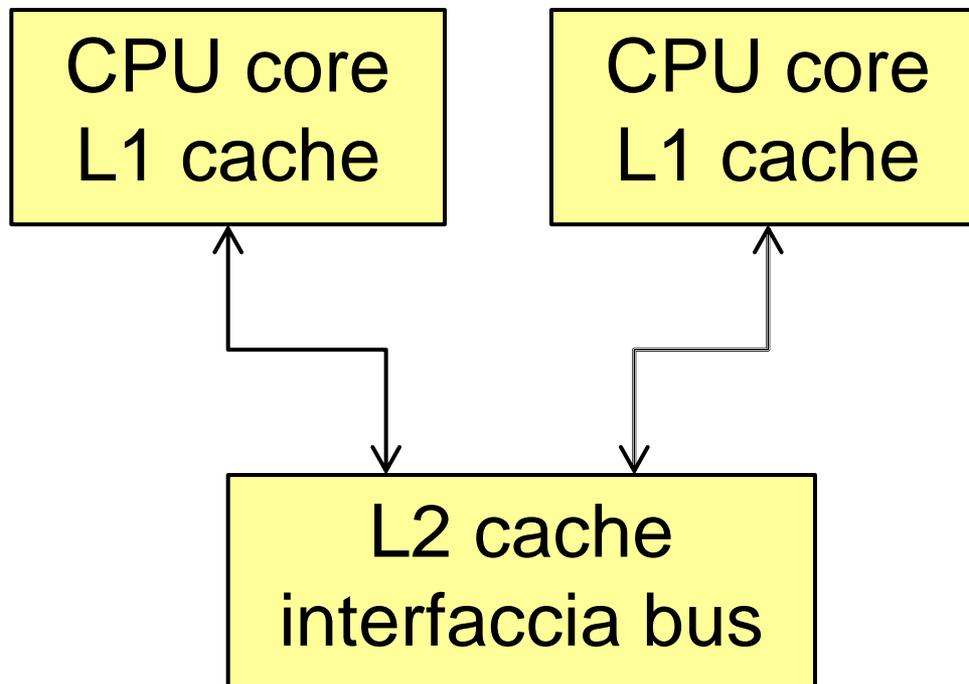
$$f_0 \rightarrow 2f_0 \Rightarrow I_0 \rightarrow 2I_0 \text{ ma } T_0 \rightarrow 2T_0$$

- Più facile aumentare il numero di operazioni svolte simultaneamente (CPU multi-core):

$$1 \text{ core}(f_0) = (I_0 , T_0) \Rightarrow 2 \text{ core}(f_0) = (2I_0 , T_0)$$

Esempio: CPU dual-core

- Nota: un singolo processo non può usufruire di più di un core (a meno che il programma, la CPU ed il Sistema Operativo siano multi-thread).

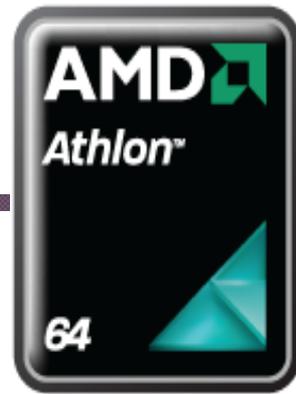


Pentium IV



- Dual core (due cpu sullo stesso chip)
- Architettura a 32 bit
- Tecnologia CMOS da 90 nm a 130 nm
- Cache
 - L1: 8K dati, 12K istruzioni
 - L2: da 256K a 2MB
 - L3: 2MB (versioni di punta)
- Clock da 1.5 a 3.8 GHz

AMD Athlon 64



- Dual core (due cpu sullo stesso chip)
- Architettura a 32/64 bit
- Tecnologia CMOS da 90 nm a 130 nm
- Cache
 - L1: 64K dati, 64K istruzioni
 - L2: da 512K a 1MB
 - L3: 2MB (versioni di punta)
- Clock da 1.8 a 2.4 GHz

Linguaggio C

Genesi del linguaggio C

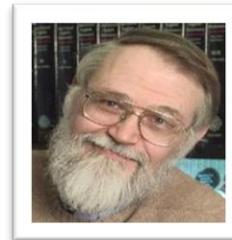
- Sviluppato tra il 1969 ed il 1973 presso gli AT&T Bell Laboratories (Ken Thompson, B. Kernighan, Dennis Ritchie)

- Per uso interno
- Legato allo sviluppo del sistema operativo Unix

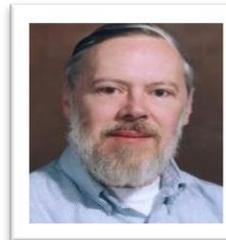
- Nel 1978 viene pubblicato "The C Programming Language", prima specifica ufficiale del linguaggio
 - Detto "K&R"



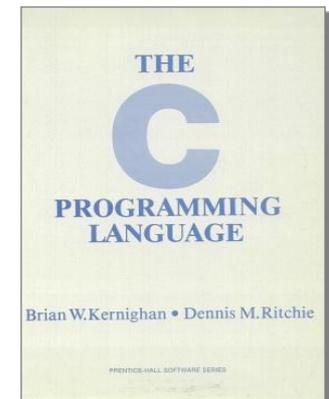
Ken
Thompson



Brian
Kernighan



Dennis
Ritchie



Caratteristiche generali del linguaggio C

- Il C è un linguaggio:
 - Imperativo ad alto livello
 - ... ma anche poco astratto
 - Strutturato
 - ... ma con eccezioni
 - Tipizzato
 - Ogni oggetto ha un tipo
 - Elementare
 - Poche *keyword*
 - *Case sensitive*
 - Maiuscolo diverso da minuscolo negli identificatori!
 - Portabile
 - Standard ANSI

Storia

- Sviluppo
 - 1969-1973
 - Ken Thompson e Dennis Ritchie
 - AT&T Bell Labs
- Versioni del C e Standard
 - K&R (1978)
 - C89 (ANSI X3.159:1989)
 - C90 (ISO/IEC 9899:1990)
 - C99 (ANSI/ISO/IEC 9899:1999, INCITS/ISO/IEC 9899:1999)
- Non tutti i compilatori sono standard!
 - GCC: *Quasi* C99, con alcune mancanze ed estensioni
 - Borland & Microsoft: *Abbastanza* C89/C90

Diffusione attuale

- I linguaggi attualmente più diffusi al mondo sono:
 - C
 - C++, un'evoluzione del C
 - Java, la cui sintassi è tratta da C++
 - C#, estremamente simile a Java e C++
- Il linguaggio C è uno dei linguaggi più diffusi
- La sintassi del linguaggio C è ripresa da tutti gli altri linguaggi principali

Un esempio

```
#include <stdio.h>

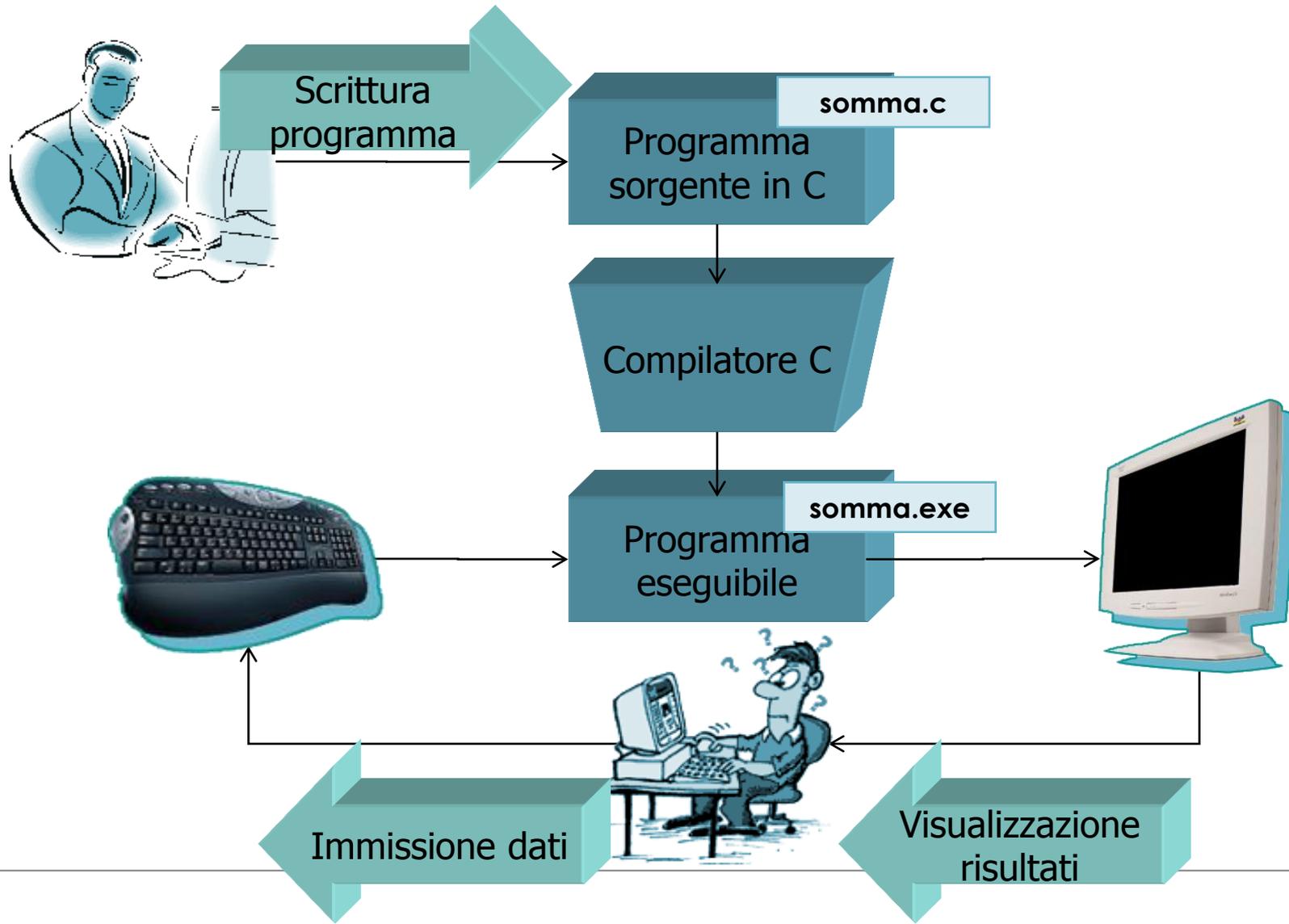
int main(void)
{
    printf("hello, world\n");

    return 0;
}
```

Applicazioni "console"

- Interazione utente limitata a due casi
 - Stampa di messaggi, informazioni e dati a video
 - Immissione di un dato via tastiera
- L'insieme tastiera+video viene detto **terminale**
- Nessuna caratteristica grafica
- Elaborazione
 - Sequenziale
 - Interattiva
 - Mono-utente

Modello di applicazioni "console"

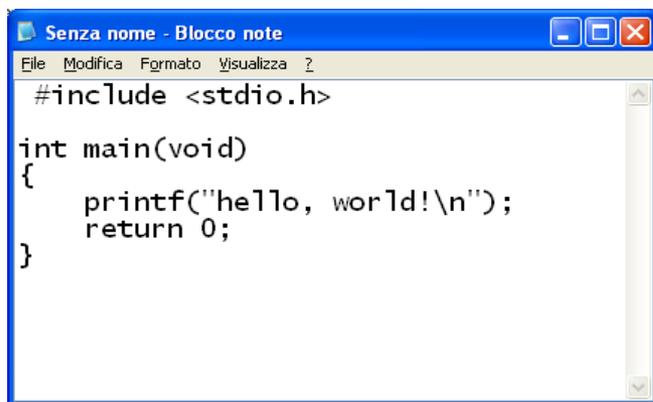


Compilatore C

- Traduce i programmi **sorgenti** scritti in linguaggio C in programmi **eseguibili**
- È a sua volta un programma eseguibile, a disposizione del programmatore
- Controlla l'assenza di **errori di sintassi** del linguaggio
- Non serve all'utente finale del programma
- Ne esistono diversi, sia gratuiti che commerciali

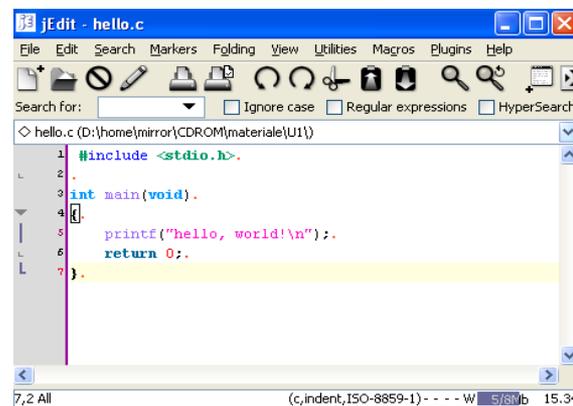
Scrittura del programma

- Un sorgente C è un normale file di testo
- Si utilizza un editor di testi
 - Blocco Note
 - Editor specializzati per programmatori



```
#include <stdio.h>

int main(void)
{
    printf("hello, world!\n");
    return 0;
}
```



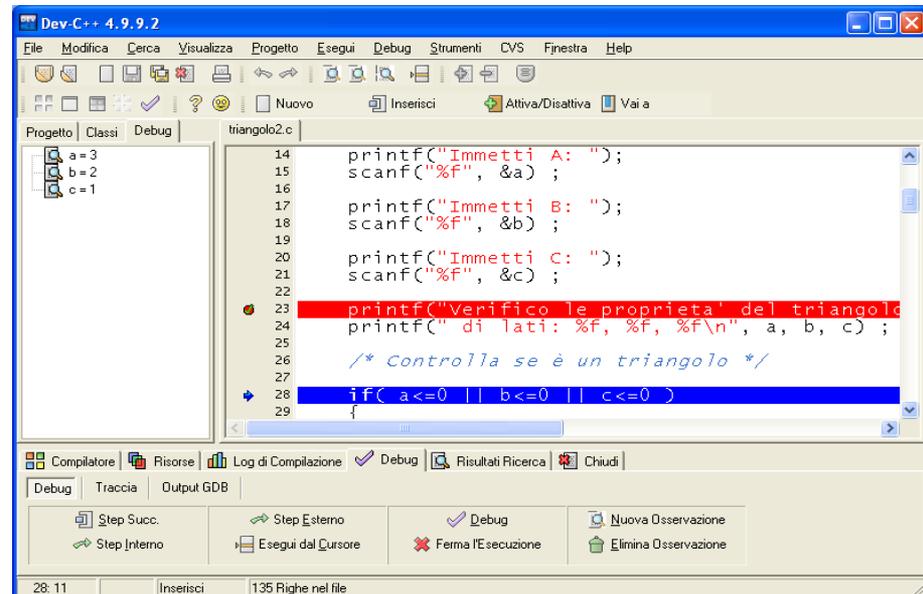
```
1 #include <stdio.h>.
2 .
3 int main(void).
4 {
5     printf("hello, world!\n");.
6     return 0;|.
7 }.
```

Editor per programmatori

- Colorazione ed evidenziazione della sintassi
- Indentazione automatica
- Attivazione automatica della compilazione
- Identificazione delle parentesi corrispondenti
- Molti disponibili, sia gratuiti che commerciali

Ambienti integrati

- Applicazioni software integrate che contengono al loro interno
 - Un editor di testi per programmatori
 - Un compilatore C
 - Un ambiente di verifica dei programmi (debugger)
- IDE: Integrated Development Environment



Identificatori

- Si riferiscono ad una delle seguenti entità:
 - Costanti
 - Variabili
 - Tipi
 - Sottoprogrammi
 - File
 - Etichette

- Regole:
 - Iniziano con carattere alfabetico o “_”
 - Contengono caratteri alfanumerici o “_”

Identificatori (Cont.)

- Caratteristiche:
 - Esterni: Gli oggetti del sistema
 - *Case insensitive*
 - Significativi almeno i primi 6 caratteri
 - Interni: Le entità del programma
 - *Case sensitive*
 - Significativi almeno i primi 31 caratteri
 - Riservati:
 - Parole chiave del linguaggio
 - Elementi della libreria C standard

Commenti

- Testo libero inserito all'interno del programma
- Non viene considerato dal compilatore
- Serve al programmatore, non al sistema!
- Formato:
 - Racchiuso tra `/* */`
 - Non è possibile annidarli
 - Da `//` fino alla fine della linea
- Esempi:

```
/* Questo è un commento ! */  
/* Questo /* risulterà in un */ errore */  
// Questo è un altro commento
```

Parole chiave

- Riservate!

- Nel C standard sono 32

auto	double	int	struct
break	else	long	switch
case	enum	register	typedef
char	extern	return	union
const	float	short	unsigned
continue	for	signed	void
default	goto	sizeof	volatile
do	if	static	while

Struttura di un programma C

- Struttura generale:

Parte dichiarativa globale

```
main ()
```

```
{
```

Parte dichiarativa locale

Parte esecutiva

```
}
```

Struttura di un programma C (Cont.)

- Parte dichiarativa globale
 - Elenco degli oggetti che compongono il programma e specifica delle loro caratteristiche
 - Categoria degli oggetti
 - Tipicamente dati
 - Tipo degli oggetti
 - Numerici, non numerici
- `main`
 - Parola chiave che indica il punto di "inizio" del programma quando viene eseguito dal sistema operativo
 - Contenuto delimitato da parentesi graffe { ... }

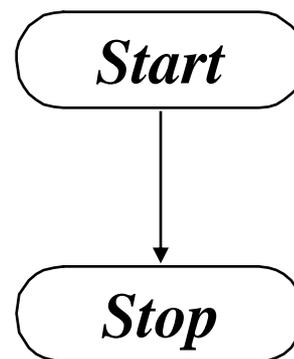
Struttura di un programma C (Cont.)

- Parte dichiarativa locale
 - Elenco degli oggetti che compongono il `main` e specifica delle loro caratteristiche
- Parte esecutiva
 - Sequenza di istruzioni
 - Quella che descriviamo con il diagramma di flusso!

Struttura di un programma C (Cont.)

- Programma minimo:

```
main()  
{  
}
```



file prova.c

Notazione

- Per specificare la sintassi di un'istruzione utilizziamo un formalismo particolare
- Simboli utilizzati
 - **<nome>** Un generico nome
 - Esempio: **<numero>** indica che va specificato un generico valore numerico
 - [**<op>**] Un'operazione opzionale
 - 'c' Uno specifico simbolo
 - Esempio: '?' indica che comparirà il carattere ? *esplicitamente*
 - **nome** Una parola chiave

Pre-processore C

- La compilazione C passa attraverso un passo preliminare che precede la vera e propria traduzione in linguaggio macchina
- Il programma che realizza questa fase è detto *pre-processore*
- Funzione principale: Espansione delle direttive che iniziano con il simbolo `#`
- Direttive principali:
 - `#include`
 - `#define`

Direttiva #include

- Sintassi:

- #include <**file**>

- <**file**> può essere specificato come:

- '<**nomefile**>'

- Esempio:

- #include <stdio.h>

- '"<**nomefile**>"'

- Esempio:

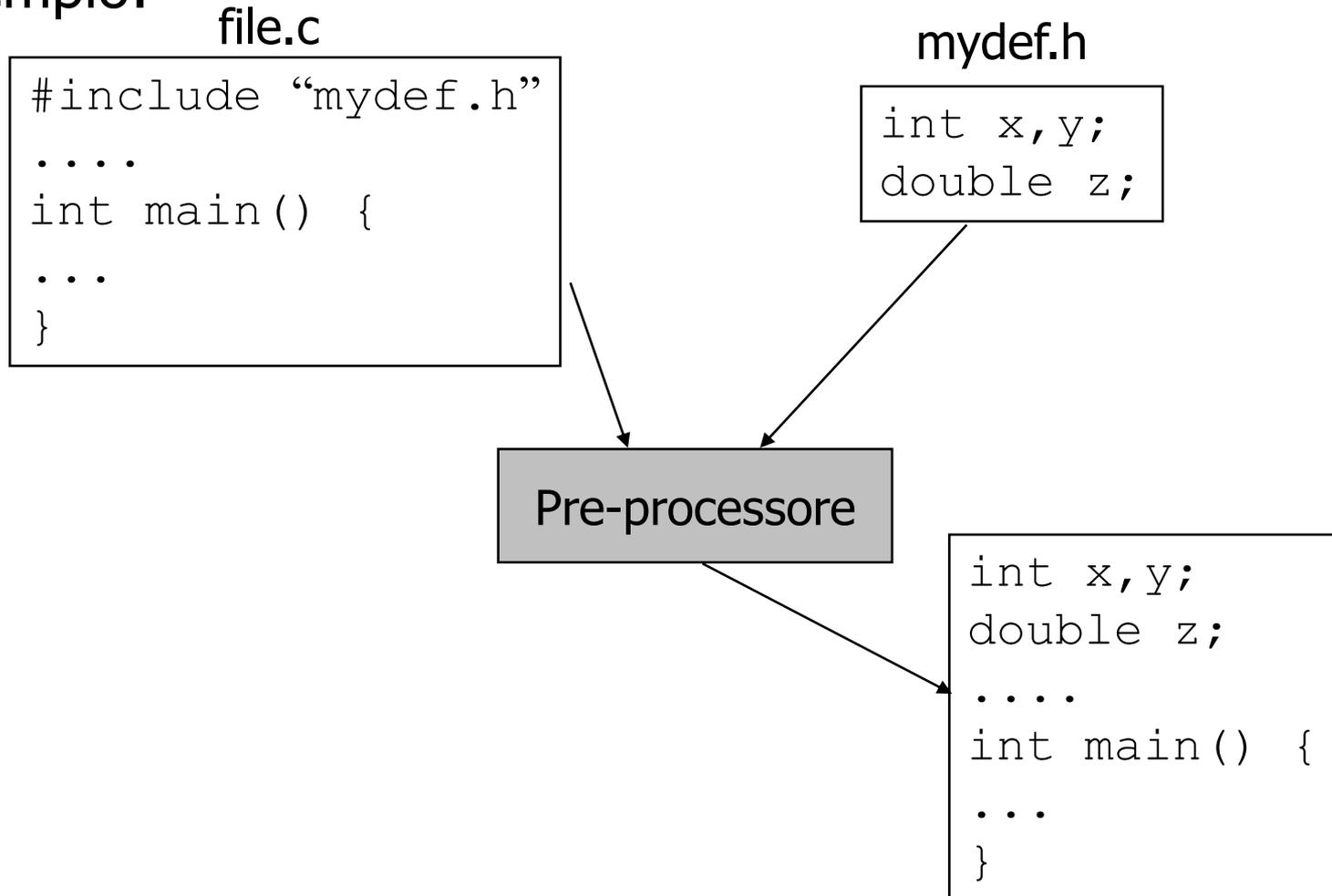
- #include "miofile.h"

- Significato:

- <**file**> viene espanso ed incluso per intero nel file sorgente

Direttiva #include

- Esempio:



Dati

I dati numerici

- Sono quelli più usati in ambito scientifico nei moderni sistemi di elaborazione ... tutti gli altri tipi di dato sono trasformati in dati numerici
- Tutti i tentativi di elaborare direttamente dati non numerici o sono falliti o si sono mostrati molto più inefficienti che non effettuare l'elaborazione solo dopo aver trasformato i dati in forma numerica

Come contiamo?

- Il sistema di numerazione del mondo occidentale (sistema indo-arabo) è:
 - decimale
 - posizionale

$$\begin{aligned}252 &= 2 \times 100 + 5 \times 10 + 2 \times 1 \\ &= 2 \times 10^2 + 5 \times 10^1 + 2 \times 10^0\end{aligned}$$

Sistemi di numerazione

- Non posizionali (additivi):
 - egiziano
 - romano
 - greco

Sistemi di numerazione

- Posizionali:
 - babilonese (2 cifre, sessagesimale)
 - inuit, selti, maya (ventesimale)
 - indo-arabo (decimale)

Sistemi di numerazione

- Ibridi:
 - cinese

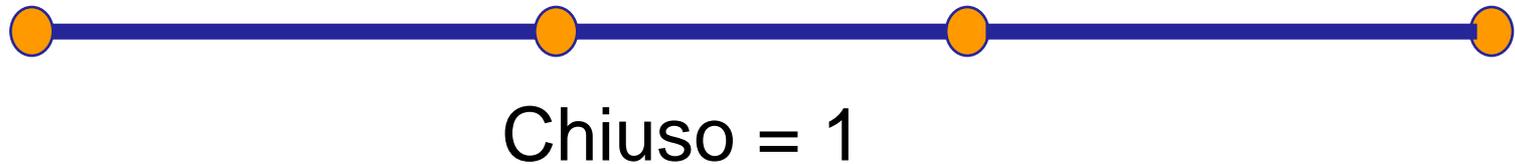
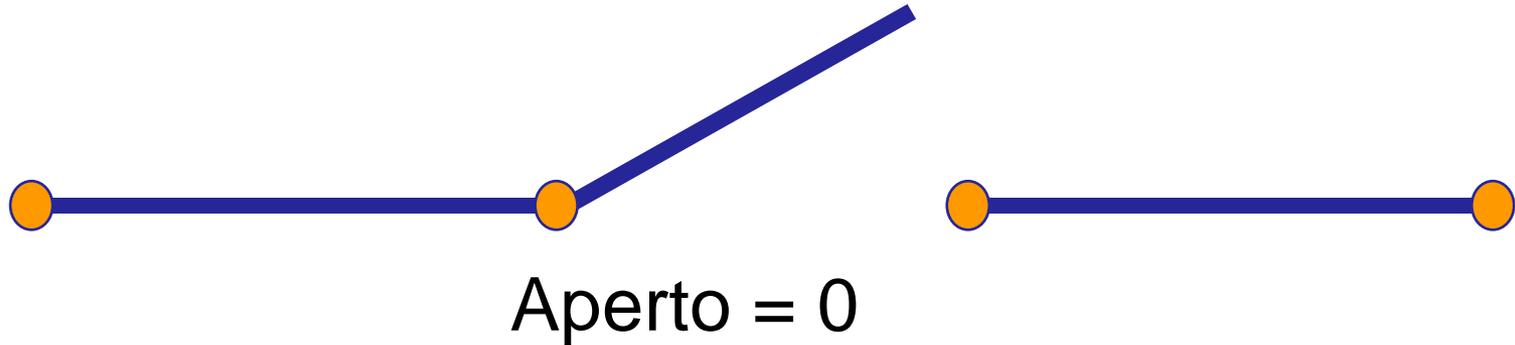
Sistema di numerazione posizionale

- Occorre definire la base B da cui discendono varie caratteristiche:
 - cifre = $\{ 0, 1, 2, \dots, B-1 \}$
 - peso della cifra i -esima = B^i
 - rappresentazione (numeri naturali) su N cifre

$$A = \sum_{i=0}^{N-1} a_i \cdot B^i$$

Bit e interruttori

Interruttore ha due stati
(aperto-chiuso, ON_OFF)



Il sistema binario

- Base = 2

- Cifre = { 0, 1 }

- Esempio:

$$\begin{aligned}101_2 &= 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 1 \times 4 + 1 \times 1 \\ &= 5_{10}\end{aligned}$$

Alcuni numeri binari

0	...	0	1000	...	8
1	...	1	1001	...	9
10	...	2	1010	...	10
11	...	3	1011	...	11
100	...	4	1100	...	12
101	...	5	1101	...	13
110	...	6	1110	...	14
111	...	7	1111	...	15

Alcune potenze di due

2^0	...	1	2^9	...	512
2^1	...	2	2^{10}	...	1024
2^2	...	4	2^{11}	...	2048
2^3	...	8	2^{12}	...	4096
2^4	...	16	2^{13}	...	8192
2^5	...	32	2^{14}	...	16384
2^6	...	64	2^{15}	...	32768
2^7	...	128	2^{16}	...	65536
2^8	...	256			

Conversione di numeri naturali da binario a decimale

- Si applica direttamente la definizione effettuando la somma pesata delle cifre binarie:

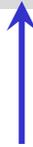
$$\begin{aligned} 1101_2 &= 1 \times 2^3 + 1 \times 2^2 + 0 \times 2^1 + 1 \times 2^0 \\ &= 8 + 4 + 0 + 1 \\ &= 13_{10} \end{aligned}$$

Terminologia

- Bit
- Byte
- Word
- Double word/Long word

Terminologia

1 0 1 1 0 1 1 0



MSB

Most
Significant
Bit



LSB

Least
Significant
Bit

Limiti del sistema binario (rappresentazione naturale)

- Consideriamo numeri naturali in binario:
 - 1 bit \sim 2 numeri $\sim \{ 0, 1 \}_2 \sim [0 \dots 1]_{10}$
 - 2 bit \sim 4 numeri $\sim \{ 00, 01, 10, 11 \}_2 \sim [0\dots3]_{10}$
- Quindi in generale per numeri naturali a N bit:
 - combinazioni distinte
 2^N
 - intervallo di valori
 $0 \leq x \leq 2^N - 1$ [base 10]
 $(000\dots0) \leq x \leq (111\dots1)$ [base 2]

Limiti del sistema binario (rappresentazione naturale)

<i>bit</i>	<i>simboli</i>	min_{10}	max_{10}
4	16	0	15
8	256	0	255
16	65 536	0	65 535
32	4 294 967 296	0	4 294 967 295

Somma in binario

- Regole base:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \quad (\text{carry} = 1)$$

Somma in binario

- Si effettuano le somme parziali tra i bit dello stesso peso, propagando gli eventuali riporti:

$$\begin{array}{r} 11 \\ 0110 + \\ 0111 = \\ \hline 1101 \end{array}$$

Sottrazione in binario

- Regole base:

$$0 - 0 = 0$$

$$0 - 1 = 1 \quad (\text{borrow} = 1)$$

$$1 - 0 = 1$$

$$1 - 1 = 0$$

Sottrazione in binario

- Si effettuano le somme parziali tra i bit dello stesso peso, propagando gli eventuali riporti:

$$\begin{array}{r} 1 \\ 0001 - \\ 0110 = \\ \hline 0011 \end{array}$$

Overflow

- Si usa il termine *overflow* per indicare l'errore che si verifica in un sistema di calcolo automatico quando il risultato di un'operazione non è rappresentabile con la medesima codifica e numero di bit degli operandi.

Overflow

- Nella somma in binario puro si ha overflow quando:
 - si lavora con numero fisso di bit
 - si ha carry sul MSB

Overflow - esempio

- Ipotesi: operazioni su numeri da 4 bit codificati in binario puro

$$\begin{array}{r} 0101 \quad + \\ 1110 \quad = \\ \hline \end{array}$$

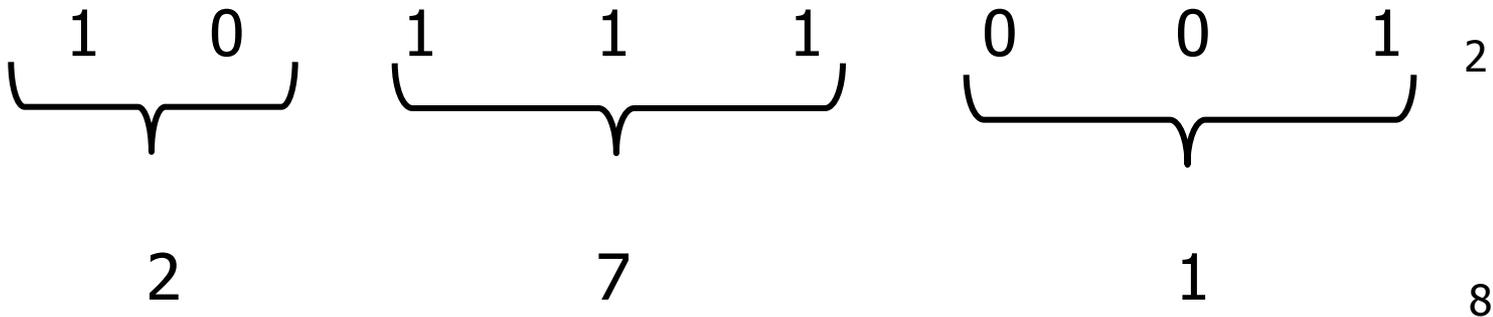
10011

overflow



Il sistema ottale

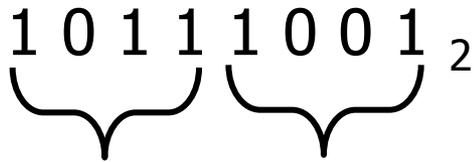
- base = 8 (talvolta indicata con Q per Octal)
 - cifre = { 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 }
 - utile per scrivere in modo compatto i numeri binari (3:1)



Il sistema esadecimale

- base = 16 (talvolta indicata con H per Hexadecimal)
 - cifre = { 0, 1, ..., 9, A, B, C, D, E, F }
 - utile per scrivere in modo compatto i numeri binari (4:1)

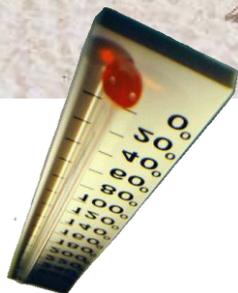
1 0 1 1 1 0 0 1₂



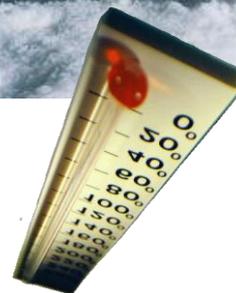
B

9₁₆

Rappresentazione dei numeri interi relativi



+ 25
° C



- 9
° C

I numeri con segno

- Il segno dei numeri può essere solo di due tipi:
 - positivo (+)
 - negativo (-)
- E' quindi facile rappresentarlo in binario ... ma non sempre la soluzione più semplice è quella migliore!
 - Modulo e segno
 - Complemento a uno
 - Complemento a due
 - Eccesso X

Codifica “modulo e segno”

- un bit per il segno (tipicamente il MSB):
 - 0 = segno positivo (+)
 - 1 = segno negativo (-)
- N-1 bit per il valore assoluto (anche detto modulo)



Modulo e segno: esempi

- Usando una codifica su quattro bit:

$$\begin{array}{rcl} + 3_{10} & \rightarrow & 0011_{\text{M\&S}} \\ - 3_{10} & \rightarrow & 1011_{\text{M\&S}} \\ 0000_{\text{M\&S}} & \rightarrow & + 0_{10} \\ 1000_{\text{M\&S}} & \rightarrow & - 0_{10} \end{array}$$

Modulo e segno

- Svantaggi:

- doppio zero (+ 0, - 0)
- operazioni complesse
- es. somma $A+B$

	$A > 0$	$A < 0$
$B > 0$	$A + B$	$B - A $
$B < 0$	$A - B $	$- (A + B)$

Modulo e segno: limiti

- In una rappresentazione M&S su N bit:

$$- (2^{N-1} - 1) \leq x \leq + (2^{N-1} - 1)$$

- Esempi:

- 8 bit = [-127 ... +127]
- 16 bit = [-32 767 ... +32 767]

Codifica in complemento a due

- In questa codifica per un numero a N bit:
 - il MSB ha peso negativo (pari a -2^{N-1})
 - gli altri bit hanno peso positivo
- Ne consegue che MSB indica sempre il segno:
 - 0 = + 1 = -
- Esempi (complemento a due su 4 bit):
 - $1000_{CA2} = -2^3 = -8_{10}$
 - $1111_{CA2} = -2^3 + 2^2 + 2^1 + 2^0 = -8 + 4 + 2 + 1 = -1_{10}$
 - $0111_{CA2} = 2^2 + 2^1 + 2^0 = 7_{10}$

Complemento a 2

- La rappresentazione in complemento a due è oggi la più diffusa perché semplifica la realizzazione dei circuiti per eseguire le operazioni aritmetiche
- Possono essere applicate le regole binarie a tutti i bit

Somma e sottrazione in CA2

- La somma e sottrazione si effettuano direttamente, senza badare ai segni degli operandi:

- $A_{CA2} + B_{CA2} \rightarrow A_{CA2} + B_{CA2}$

- $A_{CA2} - B_{CA2} \rightarrow A_{CA2} - B_{CA2}$

Somma e sottrazione in CA2

- La sottrazione si può effettuare sommando al minuendo il CA2 del sottraendo:

$$A_{CA2} - B_{CA2} \rightarrow A_{CA2} + \overline{\overline{B_{CA2}}}$$

(nota: nella sottrazione B è già codificato in CA2 ma gli si applica l'operazione CA2)

Somma in CA2 - esempio

00100110 + 11001011

00100110 +
11001011 =

11110001

verifica: $38 + (-53) = -15$

Sottrazione in CA2 - esempio

00100110 – 11001011

00100110 -
11001011 =

01011011

verifica: $38 - (-53) = 91$

Overflow nella somma in CA2

- Operandi con segno discorde: non si può mai verificare overflow.
- Operandi con segno concorde: c'è overflow quando il risultato ha segno discorde.
- In ogni caso, si trascura sempre il carry sul MSB.

Esempio overflow in CA2 (somma)

$$\begin{array}{r} 0101 + \\ 0100 = \\ \hline 1001 \\ \uparrow \\ \text{overflow!} \end{array}$$

- (5 + 4 = 9)
- impossibile in CA2 su 4 bit

$$\begin{array}{r} 1110 + \\ 1101 = \\ \hline 11011 = \\ 1011 \end{array}$$

OK

$$(-2 + -3 = -5)$$

Overflow nella sottrazione in CA2

- Poiché la differenza in CA2 è ricondotta ad una somma, in generale per l'overflow valgono le stesse regole della somma.
- Fa eccezione il caso in cui il sottraendo è il valore più negativo possibile ($10...0$); in questo caso la regola è:
 - minuendo negativo: non si può mai verificare overflow
 - minuendo positivo: c'è sempre overflow
- Nota: come si giustifica questa regola?

Esempio overflow in CA2 (sottrazione)

$$3 - (-8)$$

$$0011 +$$

$$1000 =$$

$$1011$$

overflow!

+11 è impossibile in
CA2 su 4 bit

$$-3 - (-8)$$

$$1101 +$$

$$1000 =$$

$$10101 =$$

$$0101$$

OK (+5)

Formato IEEE-754

- Mantissa nella forma “1,...” (valore max < 2)
- Base dell' esponente pari a 2
- IEEE 754 SP:

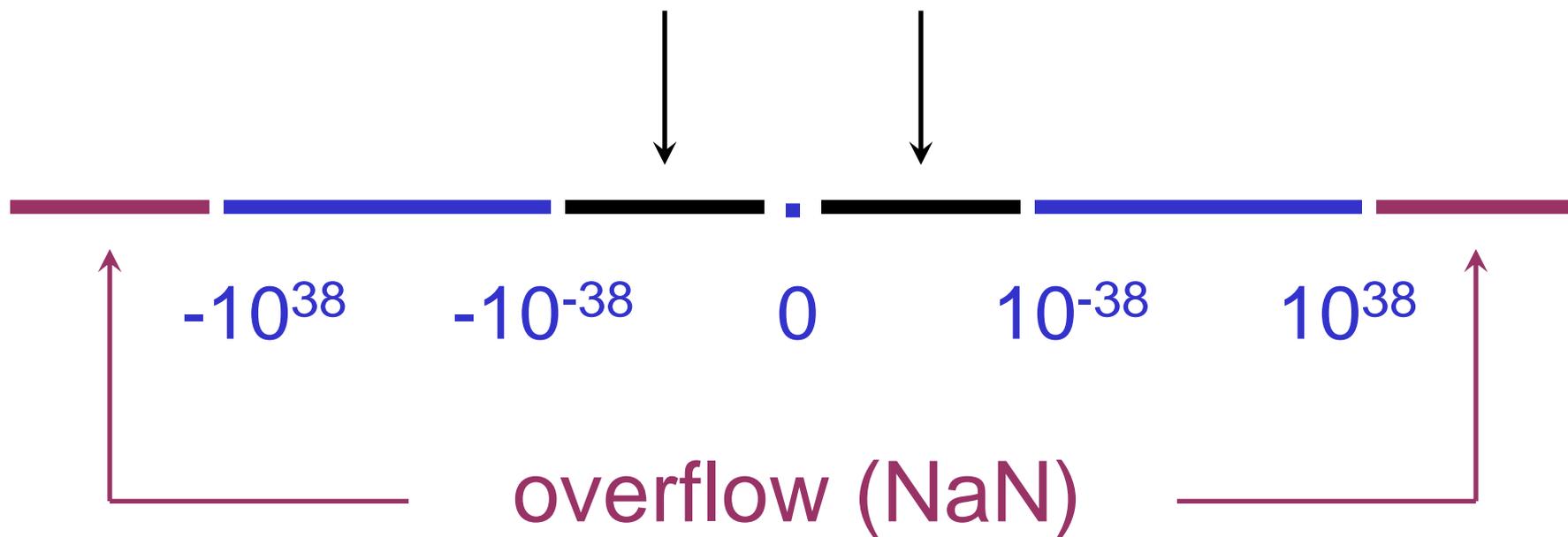


- IEEE 754 DP:



IEEE-754 SP: intervallo di valori

underflow (0)



Problemi

- Numero fisso del numero di bit
- I numeri sono rappresentati da sequenze di cifre
- Problemi:
 - Intervallo di rappresentazione
 - Overflow
 - Precisione

Errore assoluto (ε)

- Dato un numero A composto da N cifre, l'errore assoluto della sua rappresentazione è non superiore alla quantità – non nulla – più piccola (in valore assoluto) rappresentabile con N cifre
- Nota: talvolta l'errore assoluto è anche detto "precisione (assoluta)" di un numero

Errore assoluto - esempi

- Qualunque sia la base ed il numero di cifre, l'errore assoluto dei numeri interi è sempre non superiore a 1:

$$5_{10} \rightarrow \varepsilon \leq 110 \qquad 27_{10} \rightarrow \varepsilon \leq 110$$

- L'errore assoluto dei numeri razionali dipende dal numero di cifre usate per rappresentarli:
 - es. 0.510 $\varepsilon \leq 0.110$
 - es. 0.5010 $\varepsilon \leq 0.0110$
 - es. 1.010 $\varepsilon \leq 0.110$

Interi o floating-point?

- Interi:

- precisione = 1
- intervallo di valori limitato
- es. (32 bit) $\sim \pm 2\,000\,000\,000$
- es. (64 bit) $\sim \pm 9\,000\,000\,000\,000\,000\,000$

- Floating-point:

- precisione = variabile
- es. (32 bit) $\sim \pm 9\,999\,999 \times 10^{\pm 38}$
- es. (64 bit) $\sim \pm 9\,999\,999\,999\,999\,999 \times 10^{\pm 308}$

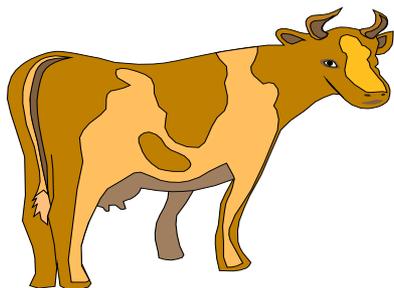
Elaborazione dell'informazione non numerica

*Nel mezzo
del cammin
di nostra
vita ...*

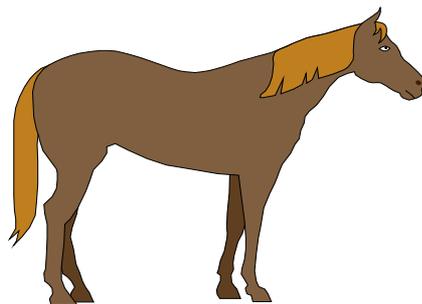


Informazione non numerica

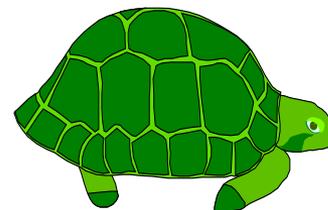
- Se in quantità finita, si può mettere in corrispondenza coi numeri interi.



00



01



10

Rappresentazioni numeriche

- Dati N bit ...
 - si possono codificare 2^N “oggetti” distinti
 - usabili per varie rappresentazioni numeriche
- Esempio (usando 3 bit):

“oggetti” binari	000	001	010	011	100	101	110	111
num. naturali	0	1	2	3	4	5	6	7
num. relativi (M&S)	+0	+1	+2	+3	-0	-1	-2	-3
num. relativi (CA2)	+0	+1	+2	+3	-4	-3	-2	-1

Caratteri

- Occorre una codifica standard perché è il genere di informazione più scambiata:
 - codice ASCII (American Standard Code for Information Interchange)
 - codice EBCDIC (Extended BCD Interchange Code)

Codice ASCII

- Usato anche nelle telecomunicazioni.
- Usa 8 bit (originariamente 7 bit per US-ASCII) per rappresentare:
 - 52 caratteri alfabetici (a...z A...Z)
 - 10 cifre (0...9)
 - segni di interpunzione (,;!?...)
 - caratteri di controllo

Caratteri di controllo

	CR	(13)	Carriage Return
LF,	NL	(10)	New Line, Line Feed
FF,	NP	(12)	New Page, Form Feed
	HT	(9)	Horizontal Tab
	VT	(11)	Vertical Tab
	NUL	(0)	Null
	BEL	(7)	Bell
	EOT	(4)	End-Of-Transmission

Codice ASCII - esempio

01000001	A	00100000	
01110101	u	01110100	t
01100111	g	01110101	u
01110101	u	01110100	t
01110010	r	01110100	t
01101001	i	01101001	i
00100000		00100001	!
01100001	a		

UNICODE e UTF-8

- Unicode esprime tutti i caratteri di tutte le lingue del mondo (più di un milione).
- UTF-8 è la codifica di Unicode più usata:
 - 1 byte per caratteri US-ASCII (MSB=0)
 - 2 byte per caratteri Latini con simboli diacritici, Greco, Cirillico, Armeno, Ebraico, Arabo, Siriano e Maldiviano
 - 3 byte per altre lingue di uso comune
 - 4 byte per caratteri rarissimi
 - raccomandata da IETF per e-mail

Rappresentazione di un testo in formato ASCII

- Caratteri in codice ASCII
- Ogni riga terminata dal terminatore di riga:
 - in MS-DOS e Windows = CR + LF
 - in UNIX = LF
 - in MacOS = CR
- Pagine talvolta separate da FF

Codifiche o formati di testo/stampa

- Non confondere il formato di un file word, con codice ASCII!!
- Un testo può essere memorizzato in due formati
 - Formattato: sono memorizzate sequenze di byte che definiscono l'aspetto del testo (e.g., font, spaziatura)
 - Non formattato: sono memorizzati unicamente i caratteri che compongono il testo

Formato testi

NEL MEZZO DEL ... ←(11U← s0p12.00s0b3TNEL MEZZO

NEL MEZZO DEL ... ←(15U← s0p12.00s0b3NNEL MEZZO

NEL MEZZO DEL ... ←(16U↵ s0p9.00s0b3QNEL MEZZO



Caratteri
di controllo



Caratteri
di stampa(ASCII)

PDF

- Il PDF (Portable Document Format) è un formato open di file basato su un linguaggio di descrizione di pagina sviluppato da Adobe Systems per rappresentare documenti in modo indipendente dall'hardware e dal software utilizzati per generarli o per visualizzarli
- Un file PDF può descrivere documenti che contengono testo e/o immagini a qualsiasi risoluzione

Dichiarazione di dati

- In C, tutti i dati devono essere dichiarati prima di essere utilizzati!
- La dichiarazione di un dato richiede:
 - L'**allocazione** di uno spazio in memoria atto a contenere il dato
 - L'**assegnazione** di un nome a tale spazio in memoria
- In particolare, occorre specificare:
 - Nome (identificatore)
 - Tipo
 - Modalità di accesso (variabile o costante)

Tipi base (primitivi)

- Sono quelli forniti direttamente dal C
- Identificati da parole chiave!
 - `char` caratteri ASCII
 - `int` interi (complemento a 2)
 - `float` reali (floating point singola precisione)
 - `double` reali (floating point doppia precisione)
- La dimensione precisa di questi tipi dipende dall'architettura (non definita dal linguaggio)
 - `|char|` = 8 bit = 1 Byte sempre

Modificatori dei tipi base

- Sono previsti dei modificatori, identificati da parole chiave da premettere ai tipi base
 - Segno:
 - `signed/unsigned`
 - Applicabili ai tipi `char` e `int`
 - » `signed`: Valore numerico con segno
 - » `unsigned`: Valore numerico senza segno
 - Dimensione:
 - `short/long`
 - Applicabili al tipo `int`
 - Utilizzabili anche senza specificare `int`

Modificatori dei tipi base (Cont.)

- **Interi**

- [signed/unsigned] short [int]
- [signed/unsigned] int
- [signed/unsigned] long [int]

- **Reali**

- float
- double

Variabili

- Locazioni di memoria destinate alla memorizzazione di dati il cui valore è modificabile
- Sintassi:

<tipo> <variabile> ;

<variabile>: Identificatore che indica il nome della variabile

- Sintassi alternativa (dichiarazioni multiple):

<tipo> <lista di variabili> ;

<lista di variabili>: Lista di identificatori separati da `,'`

Variabili (Cont.)

- Esempi:

```
int x;  
char ch;  
long int x1, x2, x3;  
double pi;  
short int stipendio;  
long y, z;
```

- Usiamo nomi significativi!

- Esempi:

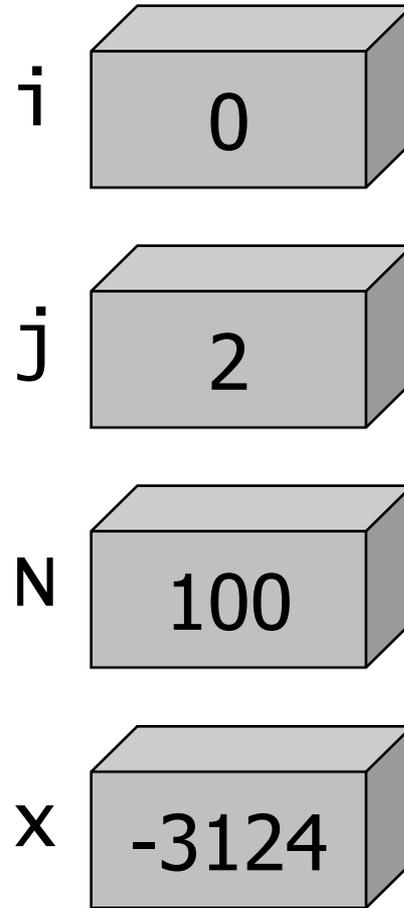
- `int x0a11; /* NO */`
- `int valore; /* SI */`
- `float raggio; /* SI */`

Esempi di nomi

a	b	a1	a2	
num	n	N	somma	max
area	perimetro	perim		
n_elementi	Nelementi	risultato		
trovato	nome	risposta		

Esempi

```
int i, j ;  
int N ;  
int x ;  
  
i = 0 ;  
j = 2 ;  
N = 100 ;  
x = -3124 ;
```



Esempi

```
float a, b ;  
float piqr ;  
float Nav, Qe ;  
  
a = 3.1 ;  
b = 2.0 ;  
piqr = 3.1415926 ;  
Nav = 6.02e23 ;  
Qe = 1.6e-19 ;
```

a

3.1

b

2.0

piqr

3.1415

Nav

6.02×10^{23}

Qe

1.6×10^{-19}

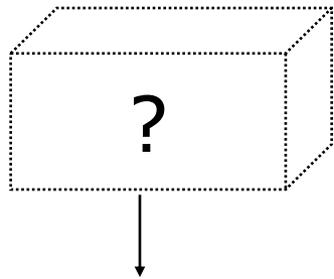
Valore contenuto

- Ogni variabile, in ogni istante di tempo, possiede un certo valore
- Le variabili appena definite hanno valore ignoto
 - Variabili non inizializzate
- In momenti diversi il valore può cambiare

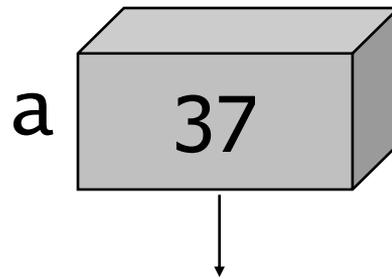


Valore contenuto

- Ogni variabile, in ogni istante di tempo, possiede un certo valore
- Le variabili appena definite hanno valore ignoto
 - Variabili non inizializzate
- In momenti diversi il valore può cambiare



definizione



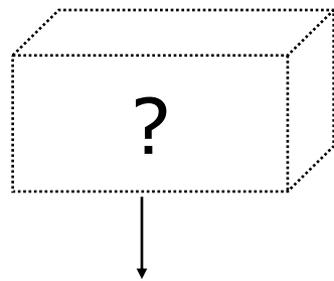
inizializzazione

Es. `a = 37;`

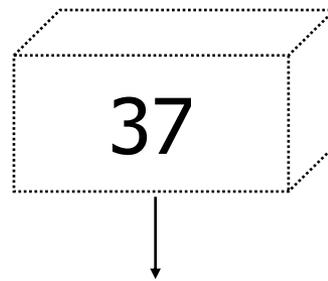
t

Valore contenuto

- Ogni variabile, in ogni istante di tempo, possiede un certo valore
- Le variabili appena definite hanno valore ignoto
 - Variabili non inizializzate
- In momenti diversi il valore può cambiare

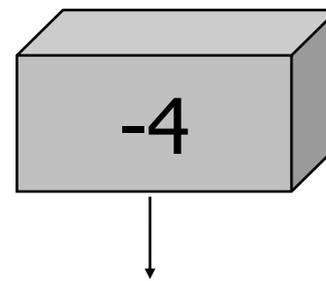


definizione



inizializzazione

a



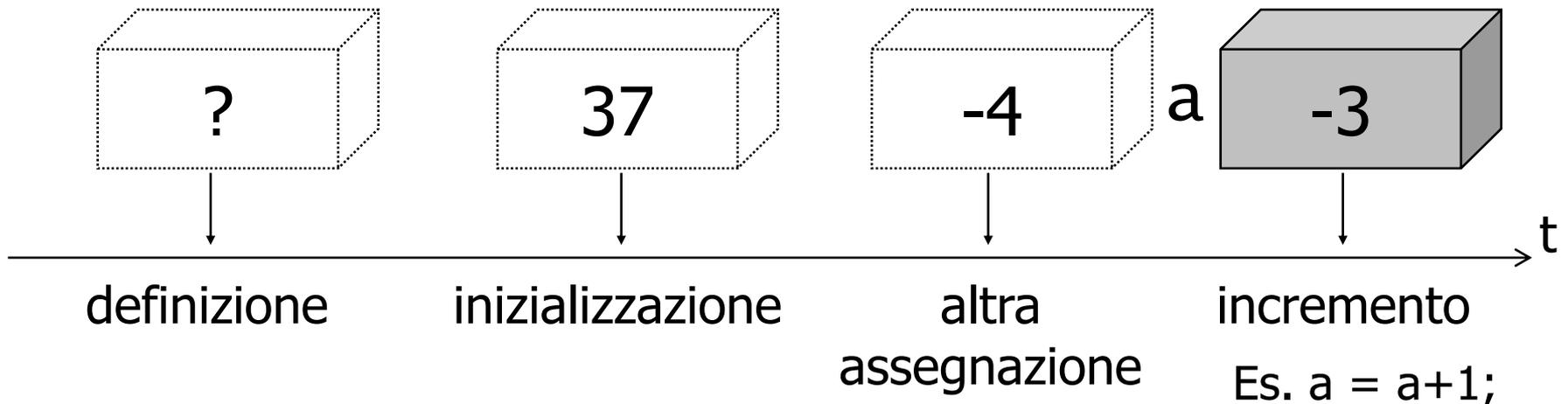
altra
assegnazione

Es. $a = -4;$

t

Valore contenuto

- Ogni variabile, in ogni istante di tempo, possiede un certo valore
- Le variabili appena definite hanno valore ignoto
 - Variabili non inizializzate
- In momenti diversi il valore può cambiare



Costanti

- Locazioni di memoria destinate alla memorizzazione di dati il cui valore non è modificabile

- Sintassi:

`const <tipo> <costante> = <valore> ;`

<costante> : Identificatore che indica il nome della costante

<valore> : Valore che la costante deve assumere

- Esempi:

- `const double PIGRECO = 3.14159;`

- `const char SEPARATORE = '$';`

- `const float ALIQUOTA = 0.2;`

- Convenzione:

- Identificatori delle costanti tipicamente in MAIUSCOLO

Costanti (Cont.)

- Esempi di valori attribuibili ad una costante:
 - Costanti di tipo `char`:
 - `'f'`
 - Costanti di tipo `int`, `short`, `long`
 - `26`
 - `0x1a`, `0X1a`
 - `26L`
 - `26u`
 - `26UL`
 - Costanti di tipo `float`, `double`
 - `-212.6`
 - `-2.126e2`, `-2.126E2`, `-212.6f`

Costanti speciali

- Caratteri ASCII non stampabili e/o "speciali"
- Ottenibili tramite "*sequenze di escape*"
`\<codice ASCII ottale su tre cifre>`
- Esempi:
 - `'\007'`
 - `'\013'`
- Caratteri "predefiniti"
 - `'\b'` backspace
 - `'\f'` form feed
 - `'\n'` line feed
 - `'\t'` tab

Visibilità delle variabili

- Ogni variabile è utilizzabile all'interno di un preciso *ambiente di visibilità (scope)*
- *Variabili globali*
 - Definite all'esterno del `main()`
- *Variabili locali*
 - Definite all'interno del `main()`
 - Più in generale, definite all'interno di un blocco

Struttura a blocchi

- In C, è possibile raccogliere istruzioni in blocchi racchiudendole tra parentesi graffe
- Significato: Delimitazione di un ambiente di visibilità di "oggetti" (variabili, costanti)
- Corrispondente ad una "sequenza" di istruzioni
- Esempio:

```
{  
    int a=2;  
    int b;  
  
    b=2*a;  
}
```

a e b sono definite
solo all'interno del blocco!

Visibilità delle variabili: Esempio

```
int n;  
double x;  
main() {  
    int a,b,c;  
    double y;  
    {  
        int d;  
        double z;  
    }  
}
```

- `n, x`: Visibili in tutto il file
- `a, b, c, y`: Visibili in tutto il `main()`
- `d, z`: Visibili nel blocco delimitato dalle parentesi graffe

Settimana n.3

Obiettivi

- Struttura base di un programma in C.
- Costrutti condizionali semplici
- Condizioni complesse
- Costrutti condizionali annidati

Contenuti

- scanf e printf a livello elementare
- Espressioni aritmetiche ed operatori base (+ - * / %)
- Operatori relazionali
- Algebra di Boole
- Costrutto if e if-else
- Operatori logici e di incremento
- If annidati

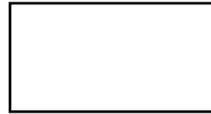
Istruzioni elementari

Istruzioni elementari

- Corrispondono ai blocchi di azione dei diagrammi di flusso:

- Due categorie:

- Assegnazione



- Input/output (I/O)



Assegnazione

- Sintassi:

<variabile> = <valore>

- Non è un'uguaglianza!

- Significato: ***<valore>*** viene assegnato a ***<variabile>***
- ***<variabile>*** e ***<valore>*** devono essere di tipi "compatibili"
- ***<variabile>*** deve essere stata dichiarata precedentemente!
- Esempi:

```
int x;  
float y;  
x = 3;  
y = -323.9498;
```

- Può essere inclusa nella dichiarazione di una variabile

- Esempi:
 - `int x = 3;`
 - `float y = -323.9498;`

Istruzioni di I/O

- Diverse categorie in base al tipo di informazione letta o scritta:
 - I/O formattato
 - I/O a caratteri
 - I/O "per righe"
 - Richiede la nozione di stringa. Come tale, sarà trattata in seguito
- Nota:

In C, le operazioni di I/O non sono gestite tramite vere e proprie istruzioni, bensì mediante opportune funzioni.

 - Il concetto di funzione verrà introdotto successivamente; in questa sezione le funzioni di I/O saranno impropriamente chiamate istruzioni

I/O formattato

- Output

- Istruzione `printf()`

- Input

- Istruzione `scanf()`

- L'utilizzo di queste istruzioni richiede l'inserimento di una direttiva

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

all'inizio del file sorgente

- Significato: "includi il file `stdio.h`"
- Contiene alcune dichiarazioni

Istruzione printf()

- Sintassi:

```
printf(<formato>, <arg1>, ..., <argn>);
```

<**formato**>: Sequenza di caratteri che determina il formato di stampa di ognuno dei vari argomenti

- Può contenere:

- Caratteri (stampati come appaiono)
- Direttive di formato nella forma %<carattere>

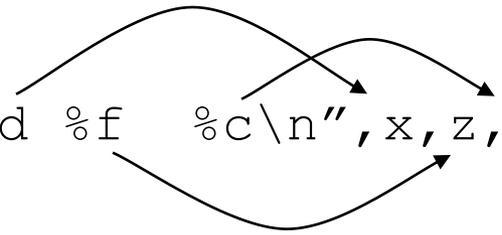
» %d	intero
» %u	unsigned
» %s	stringa
» %c	carattere
» %x	esadecimale
» %o	ottale
» %f	float
» %g	double

- <**arg1**>, ..., <**argn**>: Le quantità (espressioni) che si vogliono stampare
 - Associati alle direttive di formato nello stesso ordine!

Istruzione printf() : Esempi

```
int x=2;  
float z=0.5;  
char c='a';
```

```
printf("%d %f %c\n", x, z, c);
```



output

```
2 0.5 a
```

```
printf("%f***%c***%d\n", z, c, x);
```

output

```
0.5***a***2
```

Istruzione scanf ()

- Sintassi:

```
scanf (<formato>, <arg1>, . . . , <argn>) ;
```

<**formato**>: come per `printf`

<**arg1**>, ..., <**argn**>: le variabili cui si vogliono assegnare valori

- IMPORTANTE:

I nomi delle variabili vanno precedute dall'operatore `&` che indica l'indirizzo della variabile (vedremo più avanti il perchè)

- Esempio:

```
int x;  
float z;  
scanf ("%d %f", &x, &z);
```

Significato di scanf ()

- Istruzioni di input vanno viste come assegnazioni dinamiche:
 - *L'assegnazione dei valori alle variabili avviene al tempo di esecuzione e viene deciso dall'utente*
- Assegnazioni tradizionali = Assegnazioni statiche
 - L'assegnazione dei valori alle variabili è scritta nel codice!

I/O formattato avanzato

- Le direttive della stringa formato di `printf` e `scanf` sono in realtà più complesse

- `printf`:

`%[flag][min dim][.precisione][dimensione]<carattere>`

- `[flag]`: Più usati

- Giustificazione della stampa a sinistra
- + Premette sempre il segno

- `[min dim]`: Dimensione minima di stampa in caratteri
- `[precisione]`: Numero di cifre frazionarie (per numeri reali)
- `[dimensione]`: Uno tra:
 - h argomento è `short`
 - l argomento è `long`
- `carattere`: Visto in precedenza

I/O formattato avanzato (Cont.)

- scanf:

`%[*][max dim][dimensione]<carattere>`

- `[*]`: Non fa effettuare l'assegnazione (ad es., per "saltare" un dato in input)
- `[max dim]`: Dimensione massima in caratteri del campo
- `[dimensione]`: Uno tra:
 - h argomento è short
 - l argomento è long
- `carattere`: Visto in precedenza

printf () e scanf () : Esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{
    int a;
    float b;

    printf("Dammi un numero intero (A): ");
    if(scanf("%d",&a) != 1)
    {
        printf("Errore!\n");
        return 1;
    }
    printf("Dammi un numero reale (B): ");
    if(scanf("%f",&b) != 1)
    {
        printf("Errore!\n");
        return 1;
    }
    printf("A= %d\n",a);
    printf("B= %f\n",b);
}
```

Espressioni

- Combinazioni di variabili, costanti ed operatori
- Il valore di un'espressione può essere assegnato ad una variabile:
$$\langle \mathit{variabile} \rangle = \langle \mathit{espressione} \rangle$$
 - Significato:
 $\langle \mathit{espressione} \rangle$ è "valutata" ed il valore ottenuto è assegnato a $\langle \mathit{variabile} \rangle$
 - $\langle \mathit{variabile} \rangle$ e $\langle \mathit{espressione} \rangle$ devono essere di tipi "compatibili"
- Esistono varie categorie di operatori, applicabili a tipi di dato diversi:
 - Operatori aritmetici
 - Operatori relazionali
 - Operatori logici
 - Operatori su bit
 - Operatori di modifica del tipo (*cast*)
 - Operatori di calcolo della dimensione di un tipo: `sizeof()`

Operatori aritmetici

- Quattro operatori (per numeri reali e interi):

+ - * /

- Per numeri interi, esiste l'operatore `%` che ritorna il resto della divisione intera

- Stesse regole di precedenza dell'aritmetica ordinaria

- Esempi:

```
int x=5;
int y=2;
int q, r;
q = x / y;    // (q = 2, troncamento)
r = x % y;    // (r = 1)
```

Divisione tra interi: Esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{
    int a, b;

    printf("Dammi un numero intero (A): ");
    scanf("%d", &a);
    printf("\n");
    printf("Dammi un numero intero (B): ");
    scanf("%d", &b);
    printf("\n");
    printf("A div B = %d\n", a/b);
    printf("A mod B = %d\n", a%b);
}
```

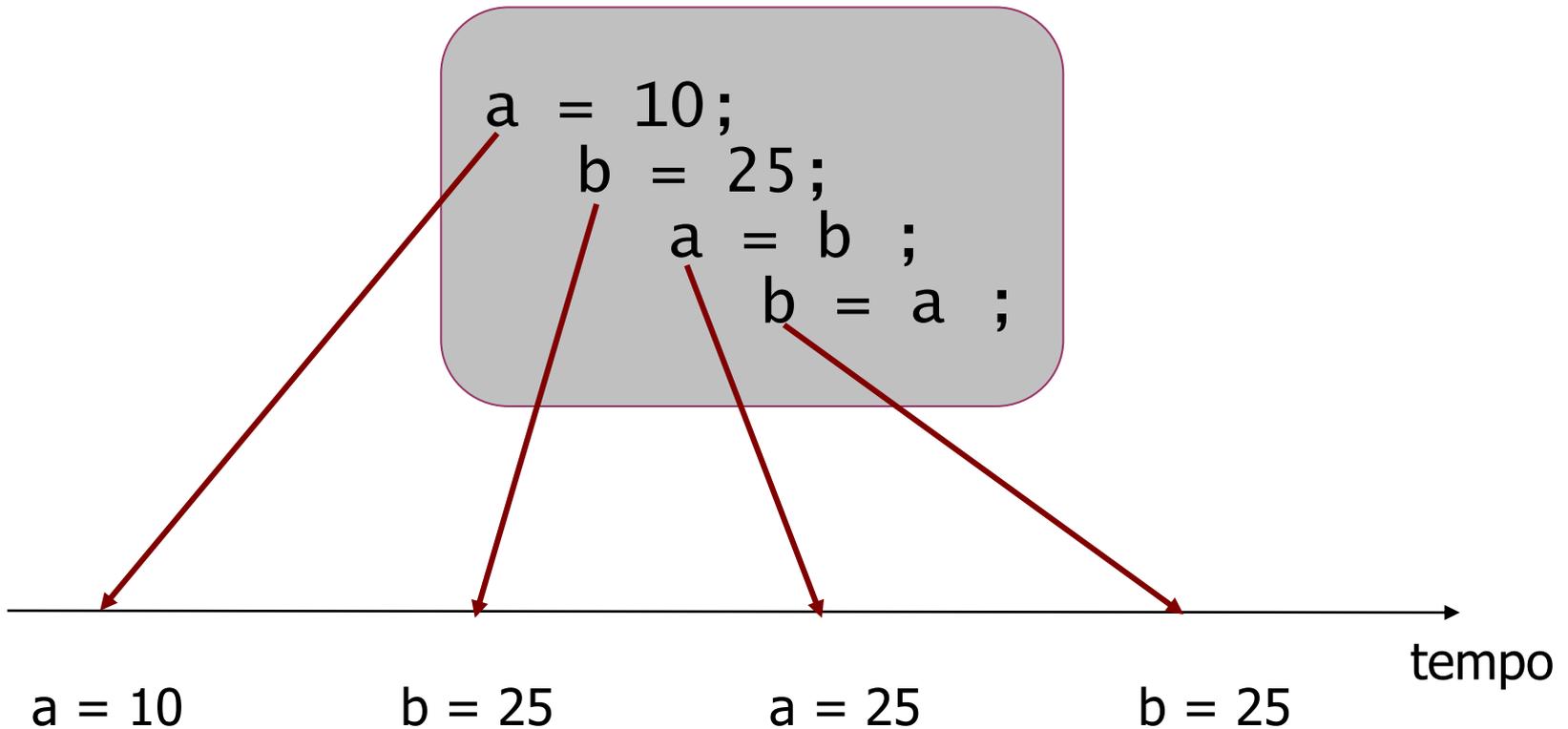
Quesito

- Che operazione svolge il seguente frammento di programma?

```
a = 10 ;  
b = 25 ;  
a = b ;  
b = a ;
```

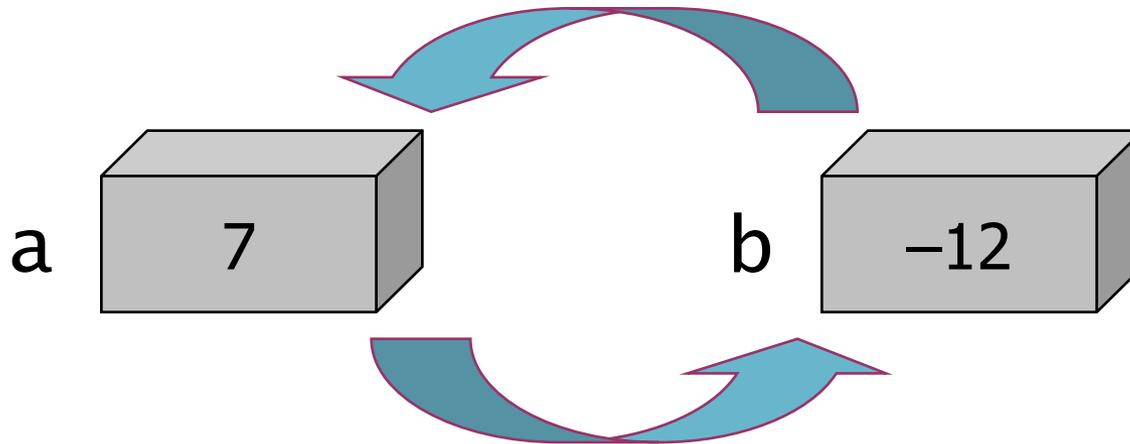
Soluzione

- Che operazione svolge il seguente frammento di programma?



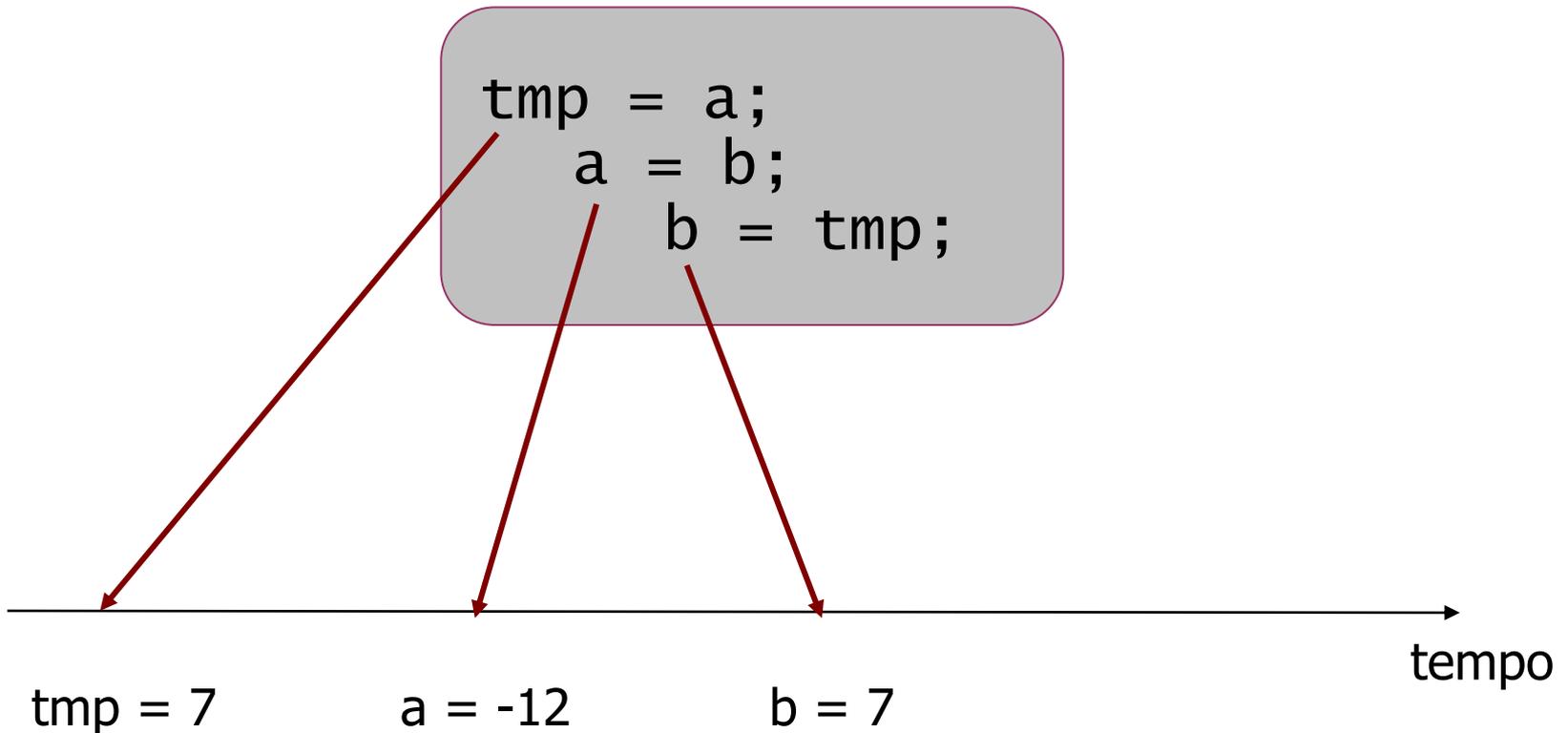
Quesito

- Come fare a scambiare tra di loro i valori di due variabili?



Soluzione

- E' necessario utilizzare una variabile di appoggio



Operatori di confronto in C

- Uguaglianza

- Uguale: $a == b$
- Diverso: $a != b$

- Ordine

- Maggiore: $a > b$
- Minore: $a < b$
- Maggiore o uguale: $a >= b$
- Minore o uguale: $a <= b$

Operatori relazionali

- Operano su quantità numeriche o `char` e forniscono un risultato "booleano":

< <= > >= == !=

- Il risultato è sempre di tipo `int`
 - risultato = 0 FALSO
 - risultato ≠ 0 VERO

La logica degli elaboratori elettronici



La logica Booleana

- Nel 1847 George Boole introdusse un nuovo tipo di logica formale, basata esclusivamente su enunciati di cui fosse possibile verificare in modo inequivocabile la verità o la falsità.



Variabili Booleane

- Variabili in grado di assumere solo due valori:
 - VERO
 - FALSO
- In ogni problema è importante distinguere le variabili indipendenti da quelle dipendenti.

Operatori Booleani

- Operatori unari (es. Not)

$$\text{op} : B \rightarrow B$$

- Operatori binari (es. And)

$$\text{op} : B^2 \rightarrow B$$

- Descritti tramite una tavola della verità (per N operandi, la tabella ha 2^N righe che elencano tutte le possibili combinazioni di valori delle variabili indipendenti ed il valore assunto dalla variabile dipendente)

Tavola della verità (truth table)

A	B	$A \text{ op } B$
falso	falso	falso
falso	vero	falso
vero	falso	falso
vero	vero	vero

Espressioni Booleane

- Un' espressione Booleana è una combinazione di variabili ed operatori Booleani.
- Ad esempio:

A e (non B)

Funzioni Booleane

- Una funzione Booleana è un' applicazione multi-a-uno:

$$f: B^N \rightarrow B$$

- Ad esempio:

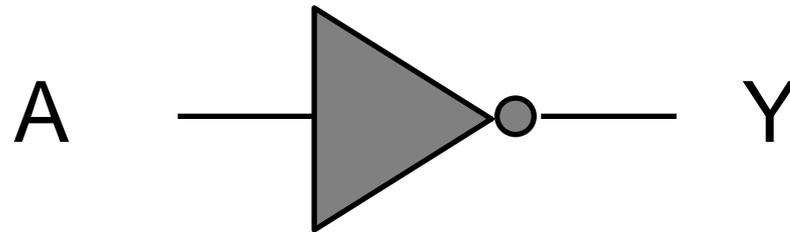
$$f(A, B) = A \text{ e } (\text{ non } B)$$

Operatore NOT

A	\bar{A}
falso	vero
vero	falso

Nota: per comodità grafica talvolta la negazione è indicata con un apice dopo la variabile o l'espressione negata (es. A')

La porta INV / NOT

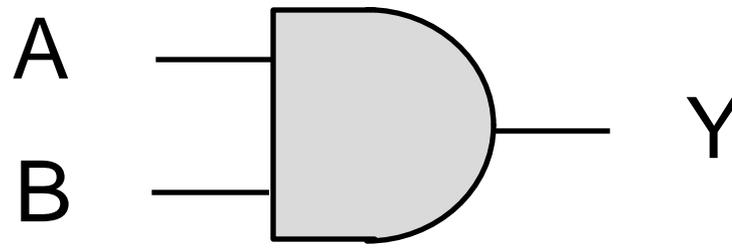


$$Y = A'$$

Operatore AND

A	B	$A \times B$
falso	falso	falso
falso	vero	falso
vero	falso	falso
vero	vero	vero

La porta AND

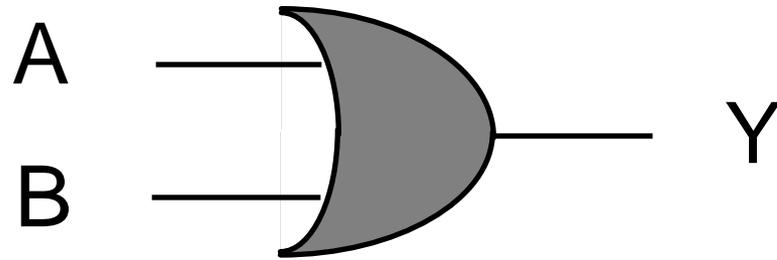


$$Y = A \times B$$

Operatore OR

A	B	A + B
falso	falso	falso
falso	vero	vero
vero	falso	vero
vero	vero	vero

La porta OR

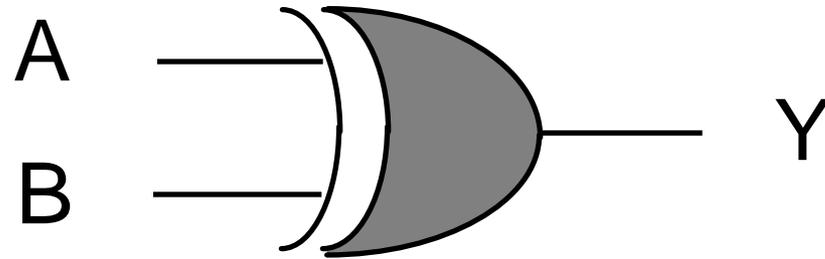


$$Y = A + B$$

Operatore XOR

A	B	A Å B
falso	falso	falso
falso	vero	vero
vero	falso	vero
vero	vero	falso

La porta XOR



$$Y = A \oplus B = A \times B' + A' \times B$$

Proprietà commutativa e associativa

$$A \times B = B \times A$$

$$A + B = B + A$$

$$A \times B \times C = (A \times B) \times C = A \times (B \times C) = (A \times C) \times B$$

$$A + B + C = (A + B) + C = A + (B + C) = (A + C) + B$$

Proprietà distributiva

$$A \times (B + C) = A \times B + A \times C$$

$$A + (B \times C) = (A + B) \times (A + C)$$

Teorema di De Morgan

- Teorema:

$$f(a, b, \dots, z; +, \times) = f'(a', b', \dots, z'; \times, +)$$

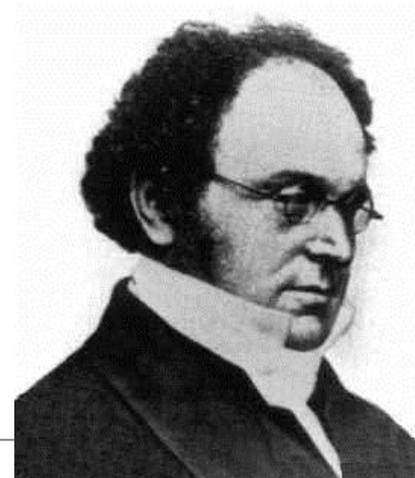
- ovvero (negando entrambi i membri):

$$f'(a, b, \dots, z; +, \times) = f(a', b', \dots, z'; \times, +)$$

- Ad esempio:

- $A + B = (A' \times B')'$

- $(A + B)' = A' \times B'$



Dimostrazioni in algebra Booleana

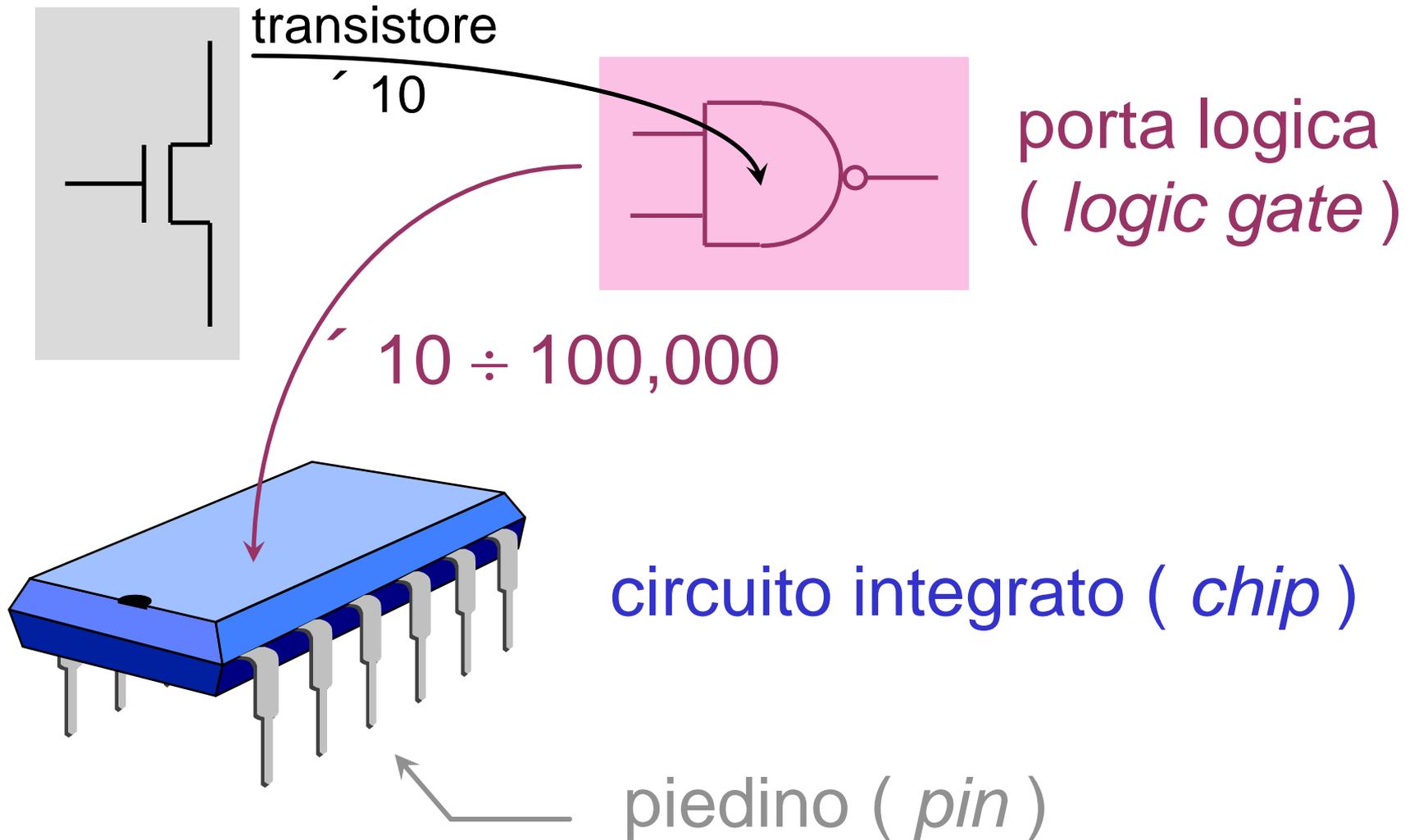
- Siccome l'algebra Booleana contempla solo due valori è possibile effettuare le dimostrazioni (di proprietà o teoremi) considerando esaustivamente tutti i casi possibili:
 - 2 variabili → 4 combinazioni
 - 3 variabili → 8 combinazioni
 - 4 variabili → 16 combinazioni
 - ecc.

Dimostrazioni: un esempio

$$A + (B \times C) = (A + B) \times (A + C) ?$$

A	B	C	$A + B \times C$	$(A + B) \times (A + C)$
0	0	0	$0 + 0 \times 0 = 0$	$(0+0) \times (0+0) = 0$
0	0	1	$0 + 0 \times 1 = 0$	$(0+0) \times (0+1) = 0$
0	1	0	$0 + 1 \times 0 = 0$	$(0+1) \times (0+0) = 0$
0	1	1	$0 + 1 \times 1 = 1$	$(0+1) \times (0+1) = 1$
1	0	0	$1 + 0 \times 0 = 1$	$(1+0) \times (1+0) = 1$
1	0	1	$1 + 0 \times 1 = 1$	$(1+0) \times (1+1) = 1$
1	1	0	$1 + 1 \times 0 = 1$	$(1+1) \times (1+0) = 1$
1	1	1	$1 + 1 \times 1 = 1$	$(1+1) \times (1+1) = 1$

Dal transistor al chip



Dal problema al circuito

- Dato un problema per ottenere il circuito corrispondente si applicano i seguenti passi:
 1. Individuare le variabili booleane
 2. Creare la tabella di verità
 3. Generare la funzione F a partire dalla tabella di verità
 4. Progettare il circuito usando le porte logiche coerentemente con F

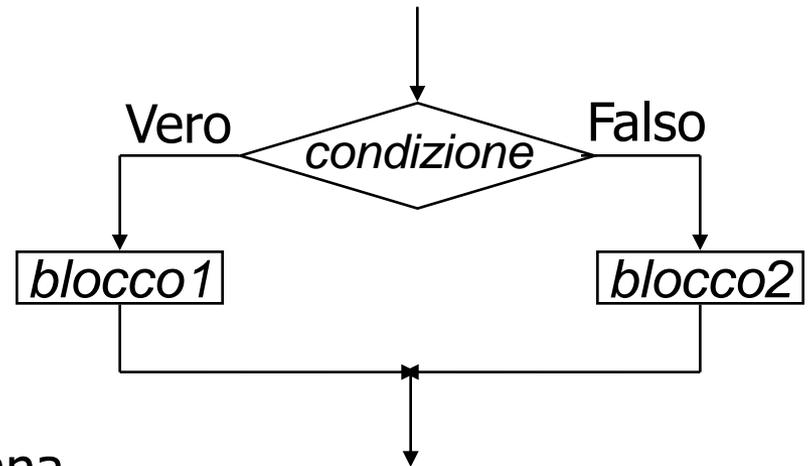
Memoria

- E' importante non solo fare calcoli, ma anche memorizzare dati (es. i risultati parziali di una lunga sequenza di operazioni).
- A questo fine si usa un elemento logico speciale: il flip-flop.
 - elemento base dei circuiti con memoria
 - memorizza un bit

Istruzione if

- Sintassi:

```
if (<condizione>)  
    <blocco1>  
[else  
    <blocco2>]
```



<condizione>: Espressione booleana

<blocco1>: Sequenza di istruzioni

- Se la sequenza contiene più di una istruzione, è necessario racchiuderle tra parentesi graffe

- Significato:

- Se è vera <condizione>, esegui le istruzioni di <blocco1>, altrimenti esegui quelle di <blocco2>

Istruzione `if` : Esempio

- Leggere due valori A e B, calcolarne la differenza in valore assoluto $D = |A-B|$ e stamparne il risultato

```
main()
{
    int A,B,D;

    scanf("%d %d",&A,&B);
    if (A > B)
        D = A-B;
    else
        D = B-A;
    printf("%d\n",D);
}
```

Operatori logici

- Operano su espressioni "booleane" e forniscono un risultato "booleano":

! && ||
NOT AND OR

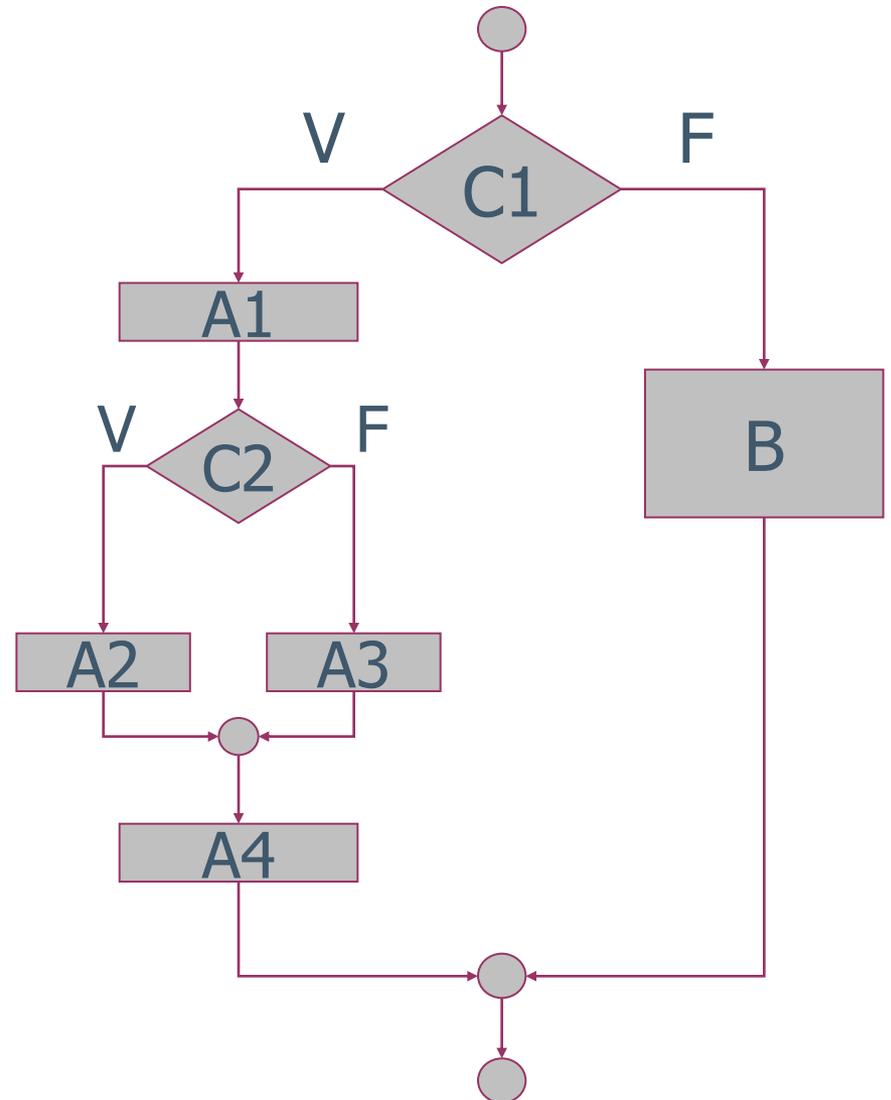
- Equivalenti agli operatori booleani di base
 - Stesse regole di precedenza
 - NOT > AND > OR
- Esempi:
 - $(x > 0) \ \&\& \ (x < 10)$ (x compreso tra 0 e 10)
 - $(x1 > x2) \ || \ (x1 == 3)$
- Le espressioni "logiche" sono valutate da sinistra a destra
- La valutazione viene interrotta non appena il risultato è univocamente determinato

Operatori logici (Cont.)

Operatore booleano	Sintassi in C	Esempio
AND	&&	$(x \geq a) \&\& (x \leq b)$
OR		$(v1 \geq 18) \ \ (v2 \geq 18)$
NOT	!	$!(a > b)$

Scelte annidate

- Nelle istruzioni del blocco "vero" o del blocco "else", è possibile inserire altri blocchi di scelta
- In tal caso la seconda scelta risulta **annidata** all'interno della prima



Settimana n.4

Obiettivi

- Concetto di ciclo
- Cicli semplici
- Cicli annidati

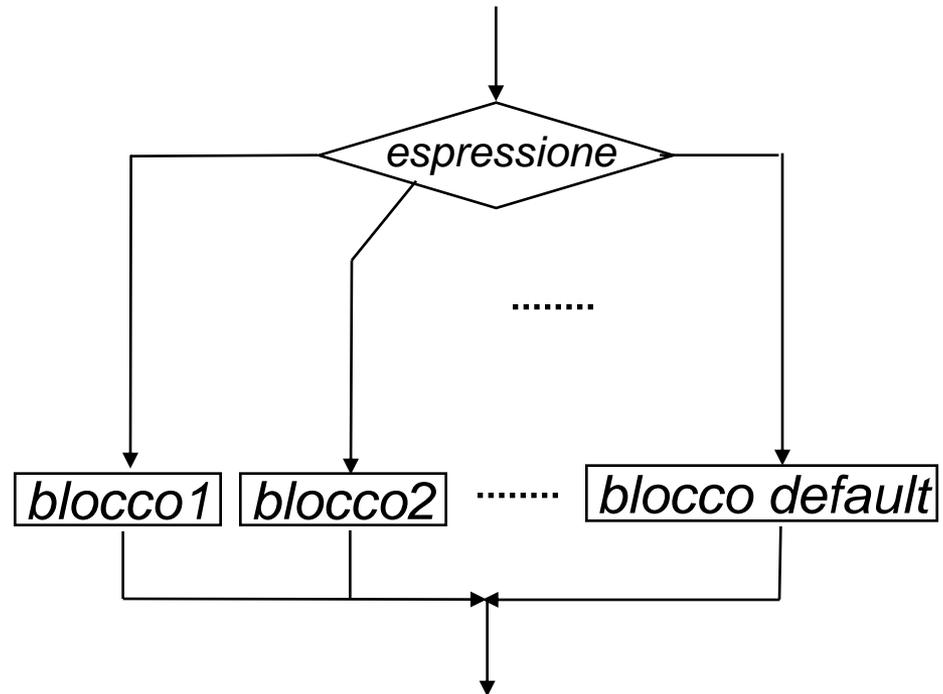
Contenuti

- Costrutto switch
- Cast e sizeof
- Costrutto while
- Ciclo for
- Ciclo Do-while
- Istruzioni break e continue
- Concetto di ciclo annidato ed esempio
- Problem solving su dati scalari

Istruzione switch

- Sintassi:

```
switch (<espressione>)  
{  
  case <costante1> :  
    <blocco1>  
    break;  
  case <costante2> :  
    <blocco2>  
    break;  
  ...  
  default :  
    <blocco default>  
}
```



<**espressione**>: Espressione a valore numerico

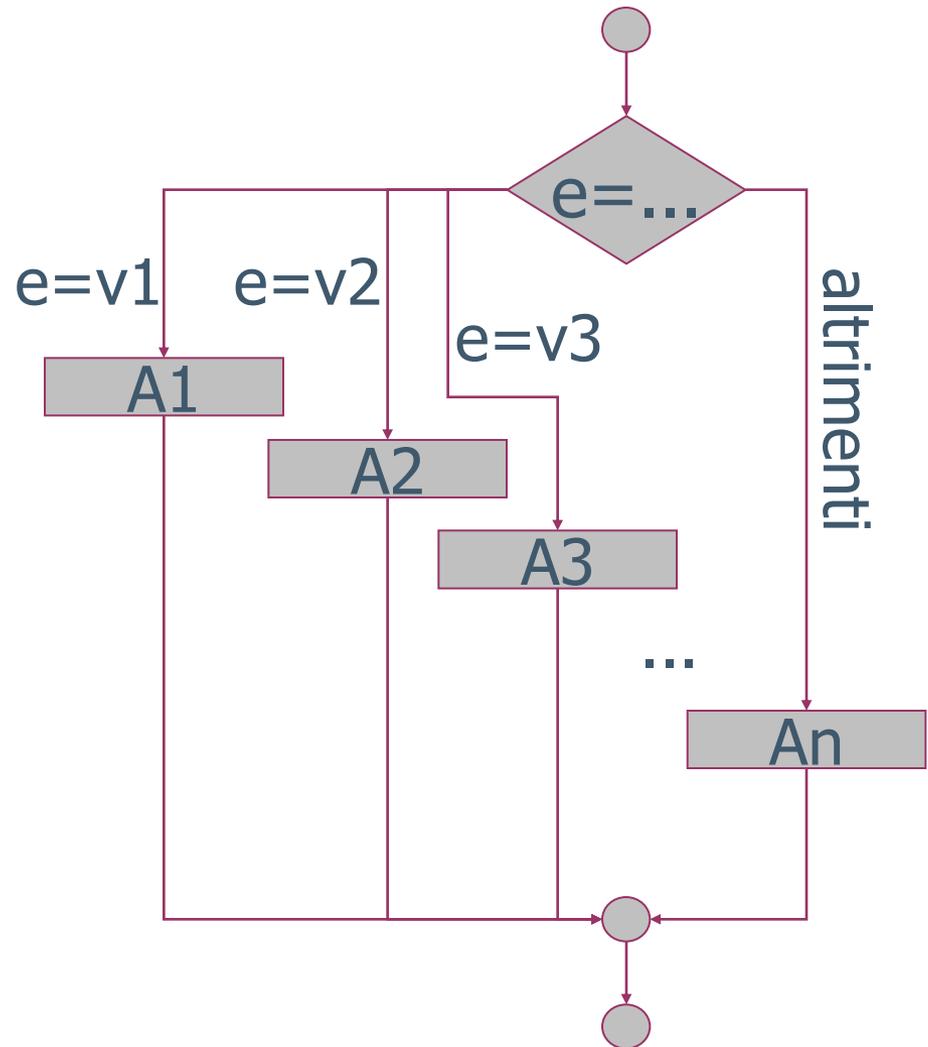
<**blocco1**>, <**blocco2**>, ... : Sequenza di istruzioni (no parentesi graffe!)

Istruzione `switch` (Cont.)

- Significato:
 - In base al valore di `<espressione>`, esegui le istruzioni del `case` corrispondenti
 - Nel caso nessun `case` venga intercettato, esegui le istruzioni corrispondenti al caso `default`
- NOTE:
 - I vari `case` devono rappresentare condizioni mutualmente **ESCLUSIVE!**
 - I vari `case` vengono eseguiti in sequenza
 - Per evitare questo, si usa l'istruzione `break` all'interno di un blocco

Istruzione switch (Cont.)

```
switch ( e )  
{  
    case v1:  
        A1 ;  
    break ;  
  
    case v2:  
        A2 ;  
    break ;  
  
    case v3:  
        A3 ;  
    break ;  
    .....  
    default:  
        An ;  
}
```



Istruzione switch: Esempio

```
int x;
...
switch (x) {
    case 1:
        printf("Sono nel caso 1\n");
        break;
    case 2:
        printf("Sono nel caso 2\n");
        break;
    default:
        printf("Né caso 1 né caso 2\n");
        break;
}
```

Operatori di incremento

- Per le assegnazioni composte più comuni sono previsti degli operatori espliciti:

++ --

- Casi particolari degli operatori composti dei precedenti

- Significato:

- Operatore ++ -> +=1
- Operatore -- -> -=1

- Esempi:

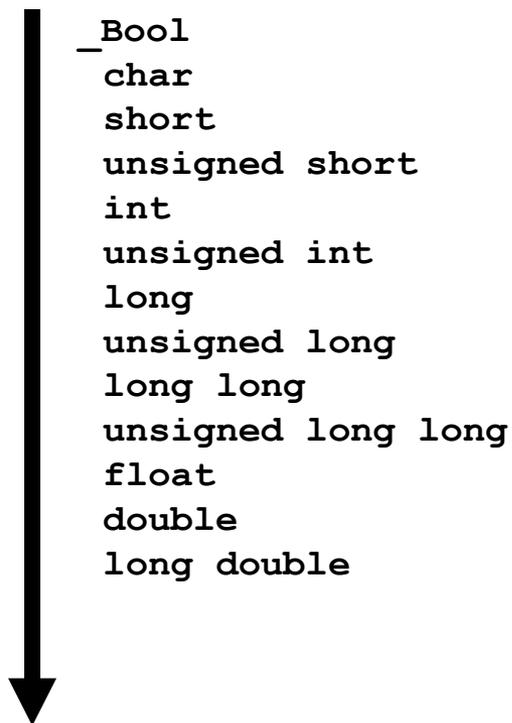
- x++;
- valore--;

Operatori di incremento (Cont.)

- Possono essere utilizzati sia in notazione *prefissa* che in notazione *postfissa*
- Prefissa: La variabile viene modificata prima di essere utilizzata in un'espressione
- Postfissa: La variabile viene modificata dopo averla utilizzata in un'espressione
- Esempio: Assumendo $x=4$:
 - Se si esegue $y=x++$, si otterrà come risultato $x=5$ e $y=4$;
 - Se si esegue $y=++x$, si otterrà come risultato $x=5$ e $y=5$;

Rango delle espressioni aritmetiche

- In C, è possibile lavorare con operandi non dello stesso tipo
- Le operazioni aritmetiche avvengono dopo aver promosso tutti gli operandi al tipo di rango più alto:



Operatori di cast

- In alcuni casi, può essere necessario convertire esplicitamente un'espressione in uno specifico tipo
 - Quando le regole di conversione automatica non si applicano
 - Esempio: `int i; double d;`
l'assegnazione `i = d;` fa perdere informazione
- Sintassi:
`'(<tipo>)' <espressione>;`
 - Significato: Forza `<espressione>` ad essere interpretata come se fosse di tipo `<tipo>`
- Esempio:
...
`double f;`
`f = (double) 10;`

Operatori di cast: Esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{
    int a, b;

    printf("Dammi un numero intero (A): ");
    scanf("%d", &a);
    printf("Dammi un numero intero (B): ");
    scanf("%d", &b);
    if (b==0)
        printf("Errore: divisione per zero!!\n");
    else
        printf("A / B = %f\n", ((float)a)/b);
}
```

Operatore `sizeof()`

- E' possibile calcolare il numero di byte utilizzato dai tipi di dato di base utilizzando l'operatore `sizeof`

- Sintassi:

`sizeof (<tipo>)`

- Ritorna il numero di byte occupato da <*tipo*>

- Esempio:

```
unsigned int size;  
size = sizeof(float); /* size = 4 */
```

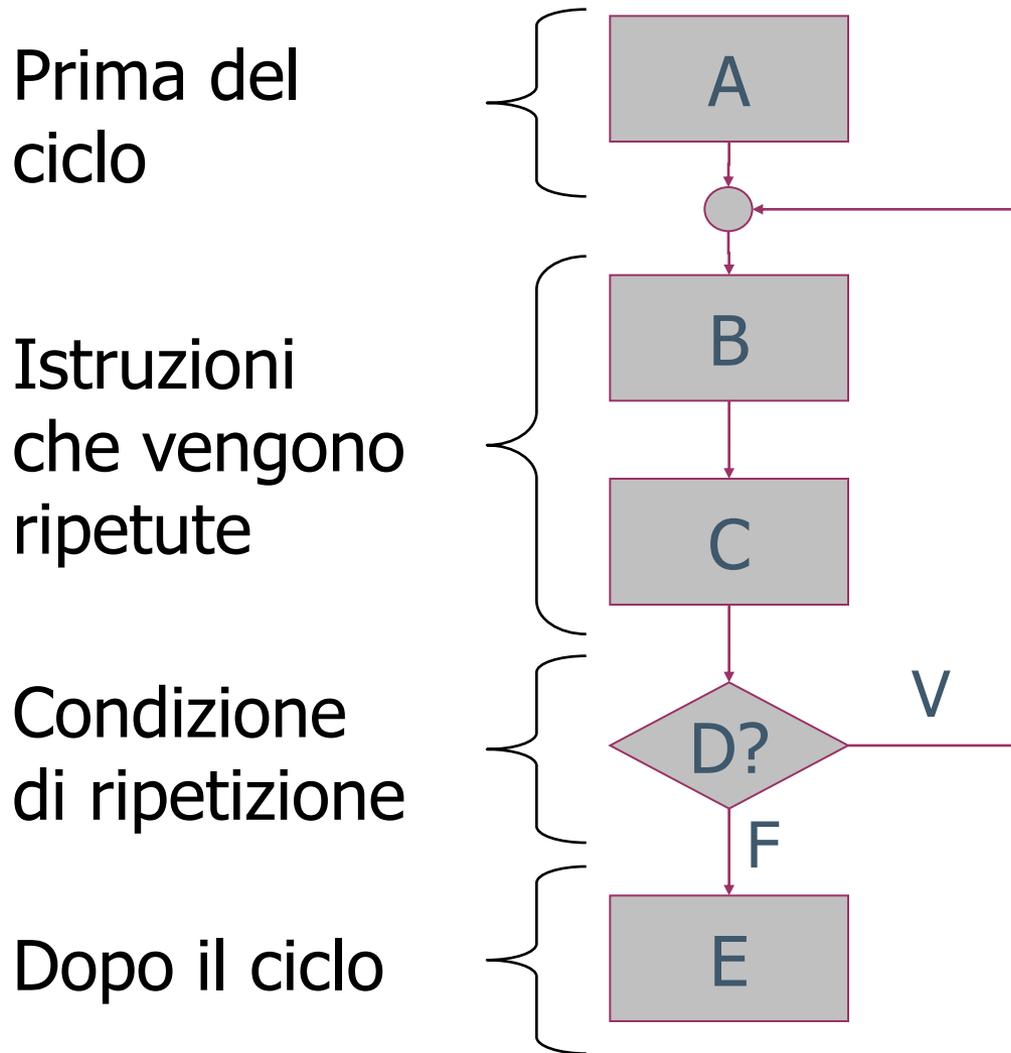
- L'uso dell'operatore `sizeof()` può essere esteso al calcolo dello spazio occupato da espressioni, vettori e strutture

Operatore sizeof() : Esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{
    printf("tipo          n.byte\n");
    printf("-----\n");
    printf("char          %d\n", sizeof(char));
    printf("int           %d\n", sizeof(int));
    printf("long          %d\n", sizeof(long));
    printf("long long     %d\n", sizeof(long long));
    printf("float         %d\n", sizeof(float));
    printf("double        %d\n", sizeof(double));
    printf("long double   %d\n", sizeof(long double));
}
```

Flusso di esecuzione ciclico



Istruzione while

- Sintassi:

```
while (<condizione>)  
    <blocco>
```

<**condizione**>: Una condizione Booleana

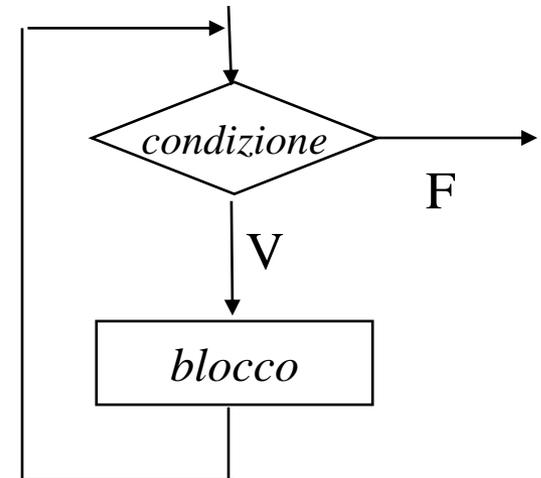
<**blocco**>: Sequenza di istruzioni

- Se più di una istruzione, va racchiuso tra graffe

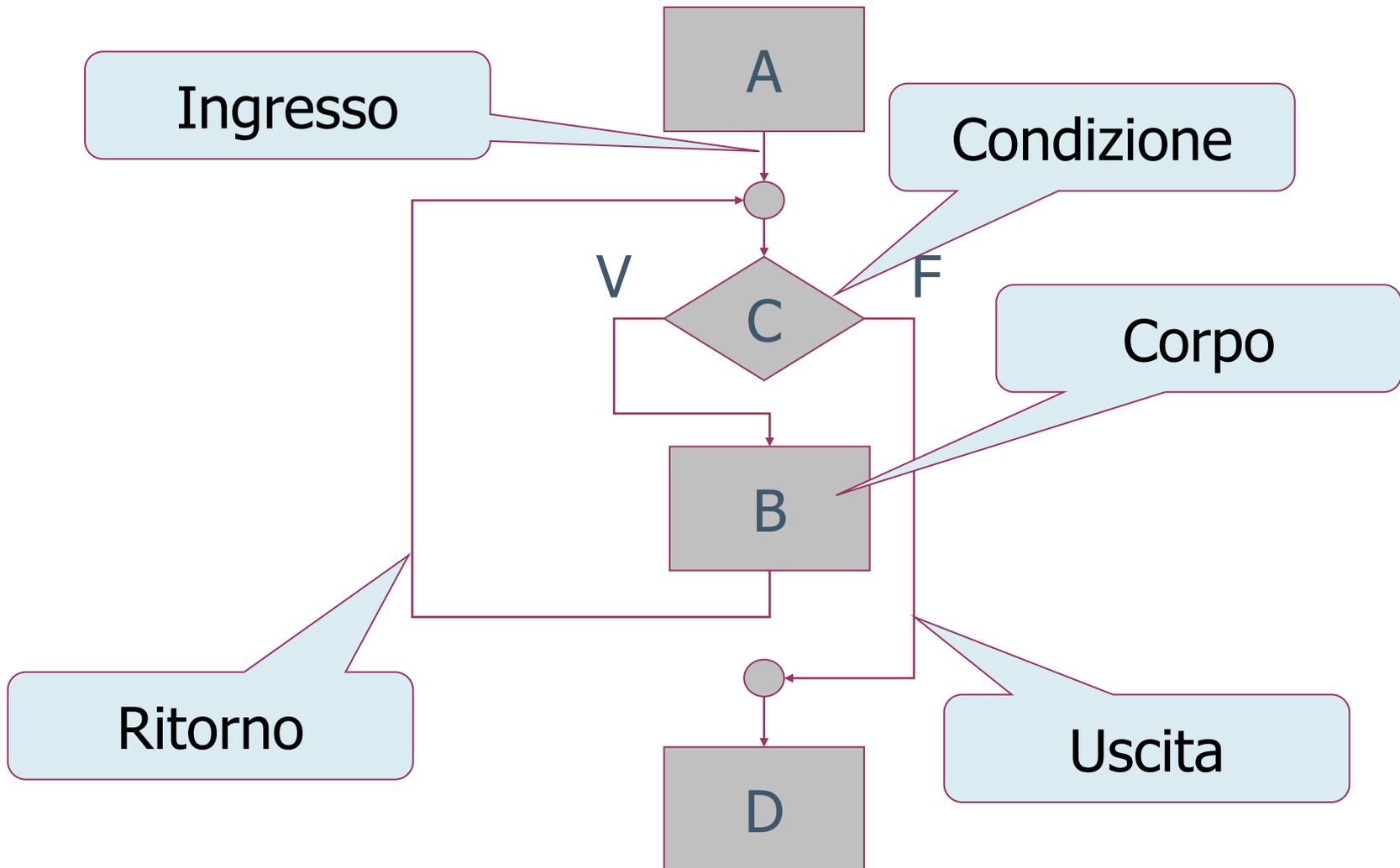
- Realizza la struttura di tipo while

- Significato:

- Ripeti <**blocco**> finché <**condizione**> è vera



Notazione grafica (while)



Istruzione while: Esempio

- Leggere un valore N, calcolare la somma S dei primi N numeri interi e stamparla

```
#include <stdio.h>
main() {
    int N, i, S;
    i = 1; S = 0;           /* inizializzazioni */
    scanf ("%d", &N);
    while (i <= N) {
        S = S+i;           /* operazione iterativa */
        i++;               /* aggiornamento condizione */
    }
    printf ("Somma = %d\n", S); /* output */
}
```

Anatomia di un ciclo

- Conviene concepire il ciclo come 4 fasi
 - Inizializzazione
 - Condizione di ripetizione
 - Corpo
 - Aggiornamento

Istruzione for

- Sintassi:

for (<*inizializzazioni*> ; <*condizione*> ; <*incremento*>)
 <*blocco*>

<*inizializzazioni*>: Le condizioni iniziali prima del ciclo

<*condizione*>: Una condizione booleana

<*incremento*>: Incremento della variabile di conteggio

<*blocco*>: Sequenza di istruzioni

- Se contiene più di una istruzione, va racchiuso tra graffe

- Tutti i campi possono essere vuoti!

Istruzione for (Cont.)

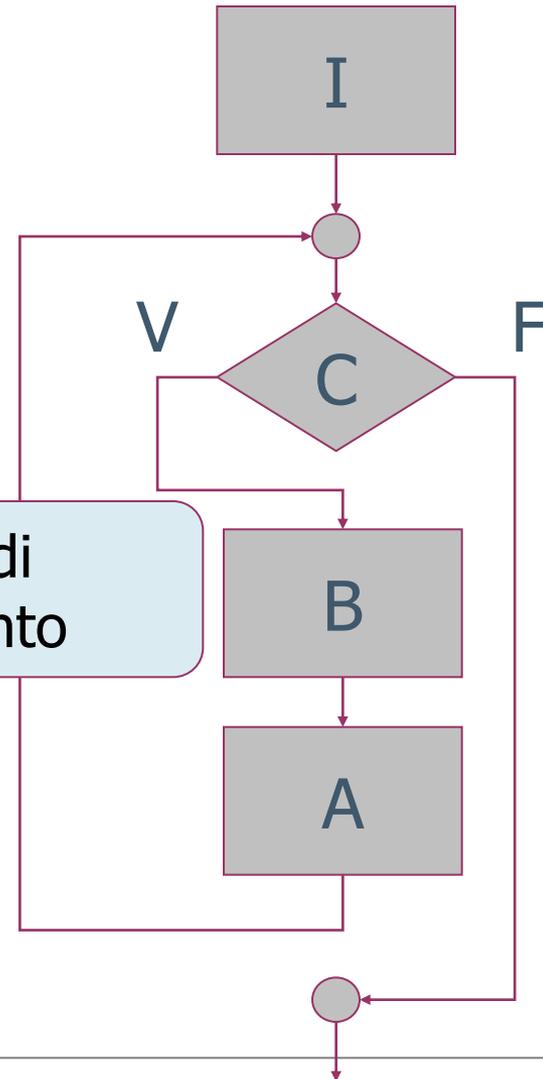
Istruzione di
inizializzazione

```
for ( I; C; A )  
{  
    B ;  
}
```

Istruzione di
aggiornamento

Corpo

Condizione



Istruzione for (Cont.)

- Significato:
 - Equivalente a:

```
<inizializzazioni>  
while (<condizione>) {  
    <blocco>  
    <incremento>  
}
```

- Realizza un ciclo basato su conteggio
 - Tipicamente contiene una variabile indice che serve da iteratore:
 - Parte da un valore iniziale (**inizializzazione**)
 - Arriva ad un valore finale (**condizione**)
 - Attraverso uno specifico incremento (**incremento**)

Istruzione for (Cont.)

- Esempio:

- Leggere un carattere `ch` ed un intero `N`, e stampare una riga di `N` caratteri `ch`

- Esempio: `N=10, ch='*'` `output = *****`

- Formulazione iterativa:

- Ripeti `N` volte l'operazione "stampa `ch`"

- Soluzione:

```
#include <stdio.h>
main() {
    int N, i;
    char ch;

    scanf("%d %c", &N, &ch);
    for (i=0; i<N; i++)
        printf("%c", ch);    /*senza '\n' !!!!*/
    printf("\n");
}
```

Esercizio

- Introdurre da tastiera 100 numeri interi, e *calcolarne la media*. Si controlli che ogni numero inserito sia compreso tra 0 e 30; in caso contrario, il *numero deve essere ignorato*
- Analisi:
 - Problema iterativo
 - Media=?
 - Controllo del valore inserito

Esercizio: Soluzione

```
#include <stdio.h>
main() {
    int valore, i, Totale=0, M=0;
    const int N = 100;
    for (i=0; i<N; i++)      /* per ogni valore introdotto */
    {
        scanf("%d", &valore);
        if (valore < 0 || valore > 30) /* controllo validità */
            printf("Valore non valido");
        else
        { /* caso normale */
            Totale += valore; /* accumula nuovo valore in Totale */
            M ++;      /* ho letto un dato in più */
        }
    }
    printf("La media è: %f\n", (float)Totale/M);
}
```

for e while

- Il ciclo `for` può essere considerato un caso particolare del ciclo `while`
- In generale si usa:
 - `for` per cicli di conteggio
 - Numero di iterazioni note a priori
 - Condizione di fine ciclo tipo "conteggio"
 - `while` per cicli "generalisti"
 - Numero di iterazioni non note a priori
 - Condizione di fine ciclo tipo "evento"

Cicli for con iterazioni note

```
int i ;  
  
for ( i=0; i<N; i=i+1 )  
{  
    .....  
}
```

```
int i ;  
  
for ( i=1; i<=N; i=i+1 )  
{  
    .....  
}
```

```
int i ;  
  
for ( i=N; i>0; i=i-1 )  
{  
    .....  
}
```

```
int i ;  
  
for ( i=N-1; i>=0; i=i-1 )  
{  
    .....  
}
```

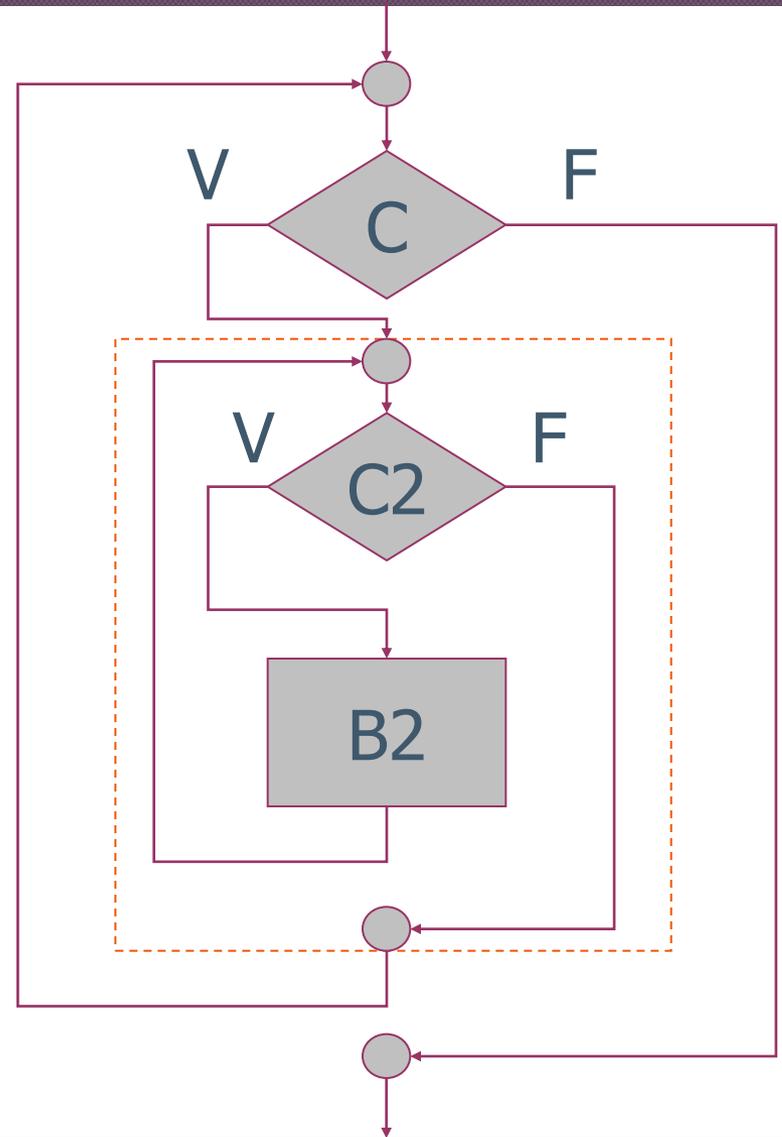
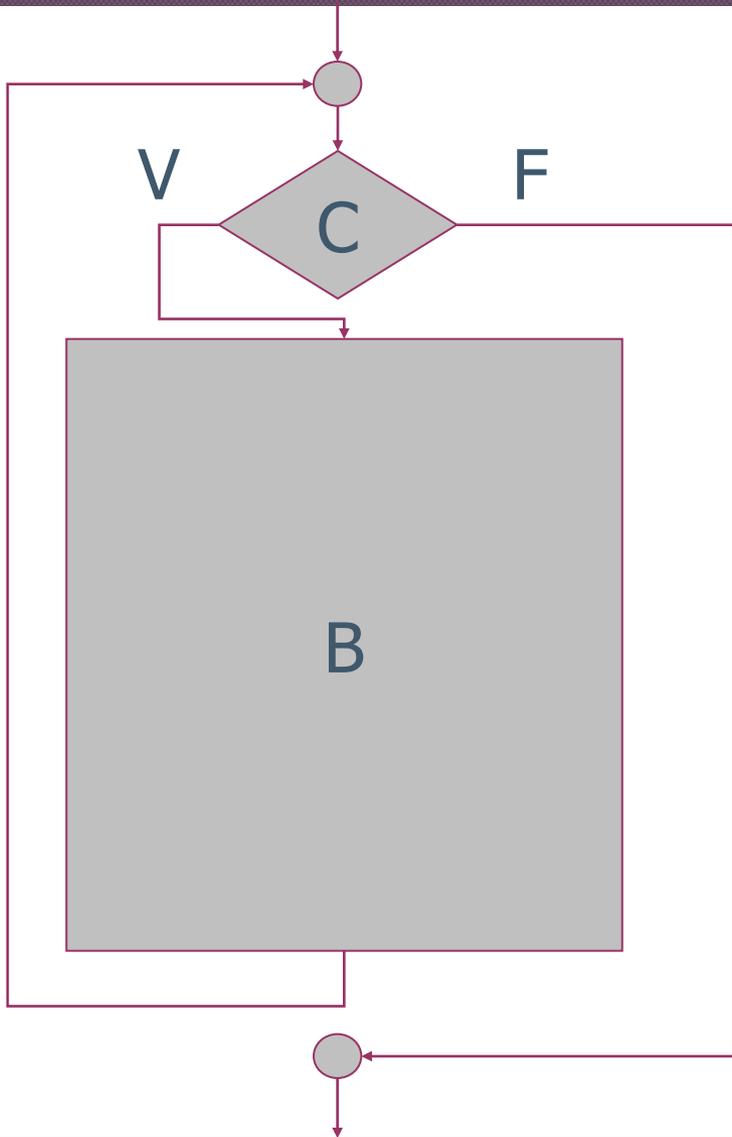
Cicli annidati

- Alcuni problemi presentano una struttura “bidimensionale”
 - L’operazione iterativa stessa può essere espressa come un’altra iterazione
- Realizzazione: Un ciclo che contiene un altro ciclo

- **Struttura:**

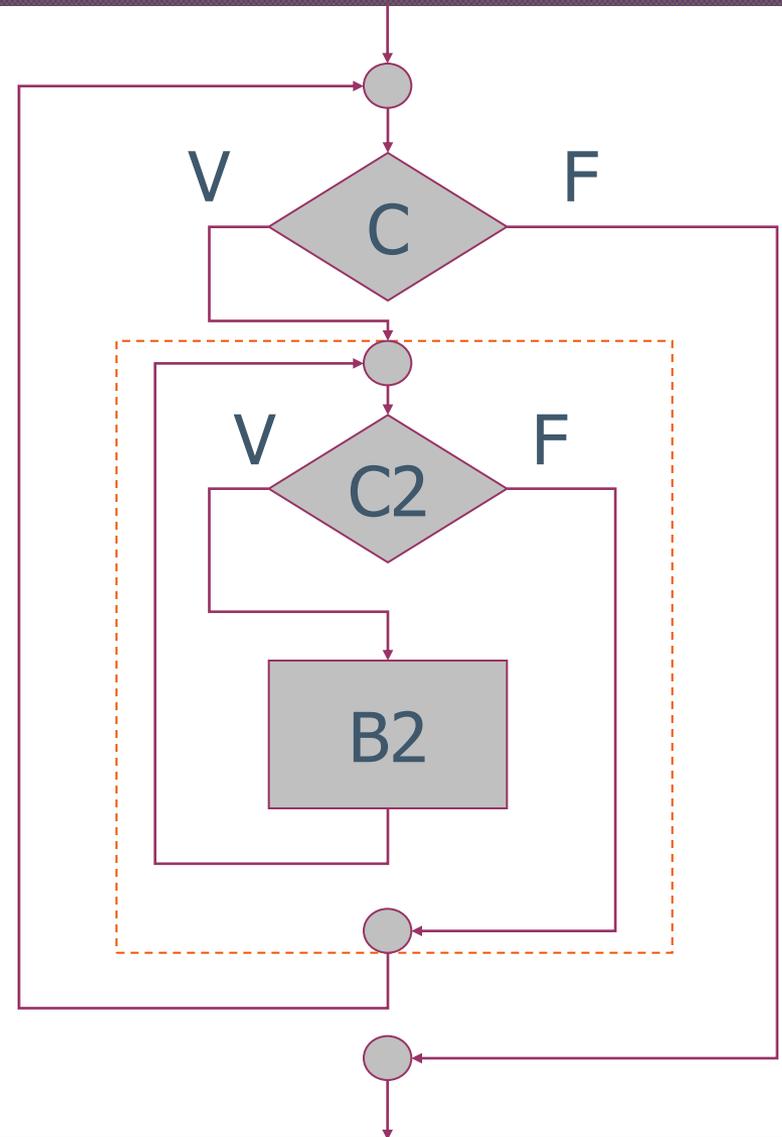
```
for (...)  
{  
    for (...)  
    {  
        ...  
    }  
}
```

Cicli while annidati



Cicli while annidati

```
while( C )  
{  
    while( C2 )  
    {  
        B2 ;  
    }  
}
```



Esempio

```
i = 0 ;
while( i < N )
{
    j = 0 ;
    while( j < N )
    {
        printf("i=%d - j=%d\n", i, j);

        j = j + 1 ;
    }

    i = i + 1 ;
}
```

Istruzione do

- Sintassi:

do

 <**blocco**>

while (<**condizione**>);

<**condizione**>: Una condizione booleana

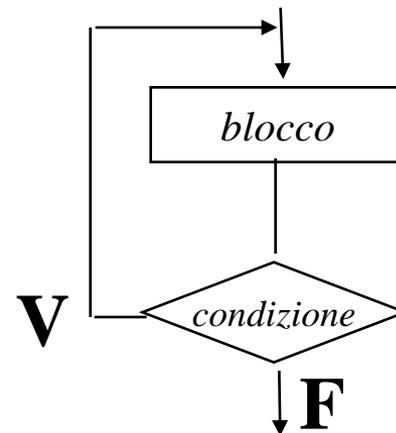
<**blocco**>: Sequenza di istruzioni

- Se più di una istruzione, va racchiuso tra graffe

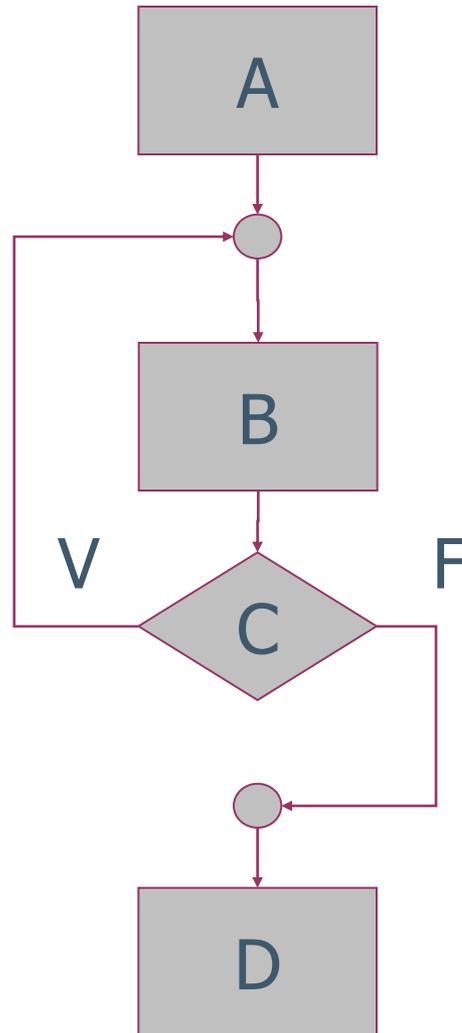
- Realizza la struttura di tipo repeat

- Significato:

- Ripeti <**blocco**> finché <**condizione**> è vera



Istruzione do (Cont.)



Istruzione do (Cont.)

- Esempio:

- Leggere un valore N controllando che il valore sia positivo.
In caso contrario, ripetere la lettura

```
#include <stdio.h>
main() {
    int n;
    do
        scanf ("%d", &n);
    while (n <= 0);
}
```

Istruzione do (Cont.)

- È sempre possibile trasformare un ciclo di tipo `do` in un ciclo di tipo `while` semplice, anticipando e/o duplicando una parte delle istruzioni

- Esempio:

```
#include <stdio.h>
main() {
    int n;
    scanf ("%d", &n);
    while (n <= 0)
        scanf ("%d", &n);
}
```

Interruzione dei cicli

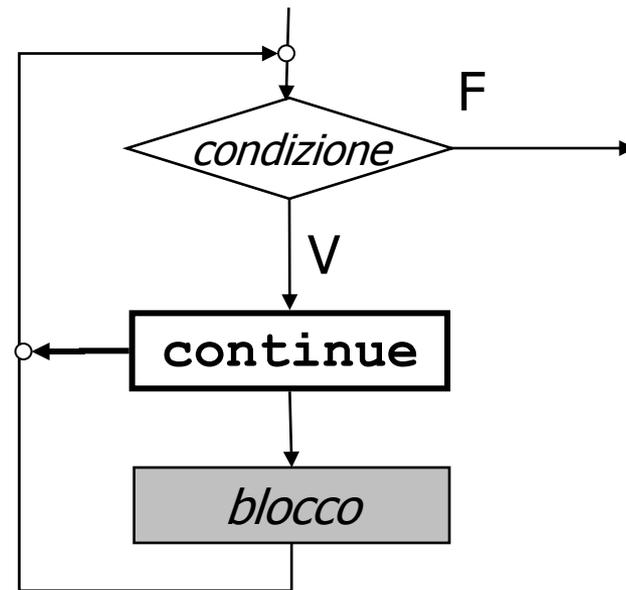
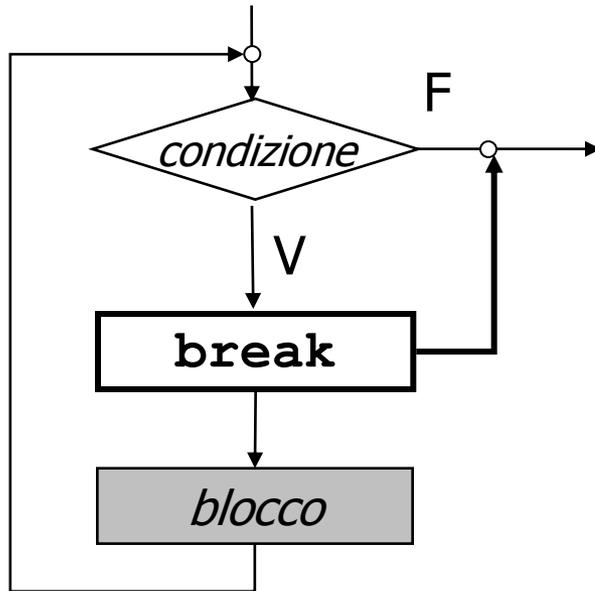
- Il linguaggio C mette a disposizione due istruzioni per modificare il normale flusso di esecuzione di un ciclo:
 - `break`:
 - Termina il ciclo
 - L'esecuzione continua dalla prima istruzione dopo la fine del ciclo
 - `continue`:
 - Termina l'iterazione corrente
 - L'esecuzione continua con la prossima iterazione del ciclo

Interruzione dei cicli (Cont.)

- Trasformano i cicli in blocchi non strutturati
 - Usare con cautela (e possibilmente non usare...)
 - **Si può sempre evitare l'uso di** `break/continue`!
- Usabili in ogni tipo di ciclo (`while`, `for`, `do`)

break e continue

- In termini di diagrammi di flusso (esempio: ciclo `while`):



break : Esempio

- Acquisire una sequenza di numeri interi da tastiera; terminare l'operazione quando si legge il valore 0.
- Versione con `break`

```
int valore;
while (scanf("%d", &valore))
{
    if (valore == 0)
    {
        printf("Valore non consentito\n");
        break;      /* esce dal ciclo */
    }
    /* resto delle istruzioni del ciclo */
}
```

break : Esempio (Cont.)

- Versione senza `break` (strutturata)

```
int valore, finito = 0;
while (scanf("%d", &valore) && !finito)
{
    if (valore == 0)
    {
        printf("Valore non consentito\n");
        finito = 1;
    }
    else
    {
        /* resto delle istruzioni del ciclo */
    }
}
```

continue : Esempio

- Acquisire una sequenza di numeri interi da tastiera; ignorare i numeri pari al valore 0.
- Versione con `continue`

```
int valore;
while (scanf("%d", &valore))
{
    if (valore == 0)
    {
        printf("Valore non consentito\n");
        continue;    /* va a leggere un nuovo valore */
    }
    /* resto delle istruzioni del ciclo */
}
```

continue : Esempio (Cont.)

- Versione senza continue (strutturata)

```
int valore;
while (scanf("%d", &valore))
{
    if (valore == 0)
    {
        printf("Valore non consentito\n");
    }
    else {
        /* resto delle istruzioni del ciclo */
    }
}
```

Settimana n.5

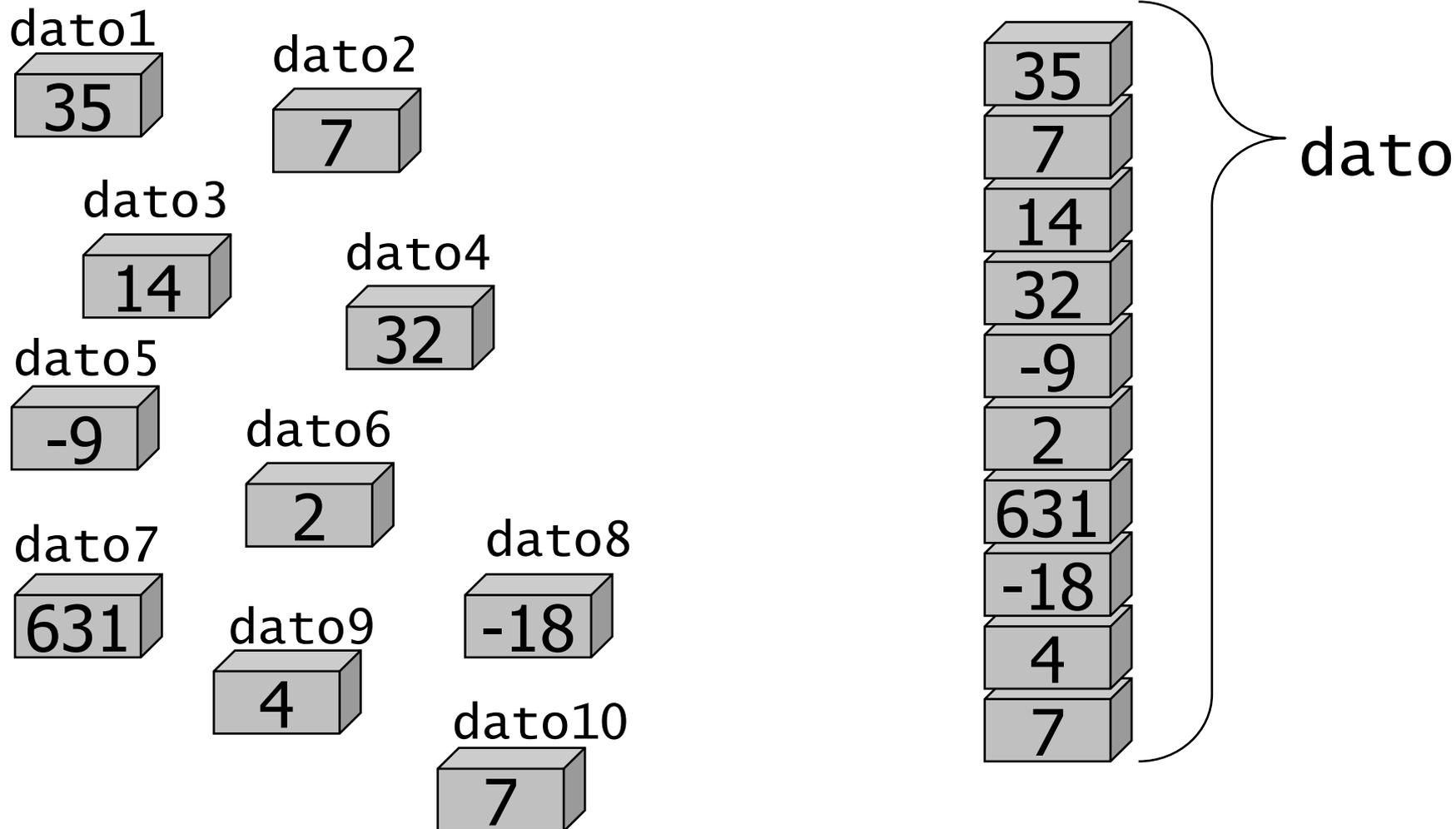
Obiettivi

- Vettori

Contenuti

- Definizione di vettori
- Dimensionamento statico dei vettori
- Operazioni elementari: lettura, stampa, copia, confronto di vettori

Variabili e vettori



Da evitare...

```
int main(void)
{
    int dato1, dato2, dato3, dato4, dato5 ;
    int dato6, dato7, dato8, dato9, dato10 ;

    scanf("%d", &dato1) ;
    scanf("%d", &dato2) ;
    scanf("%d", &dato3) ;

    scanf("%d", &dato10) ;

    printf("%d\n", dato10) ;
    printf("%d\n", dato9) ;
    printf("%d\n", dato8) ;

    printf("%d\n", dato1) ;
}
```

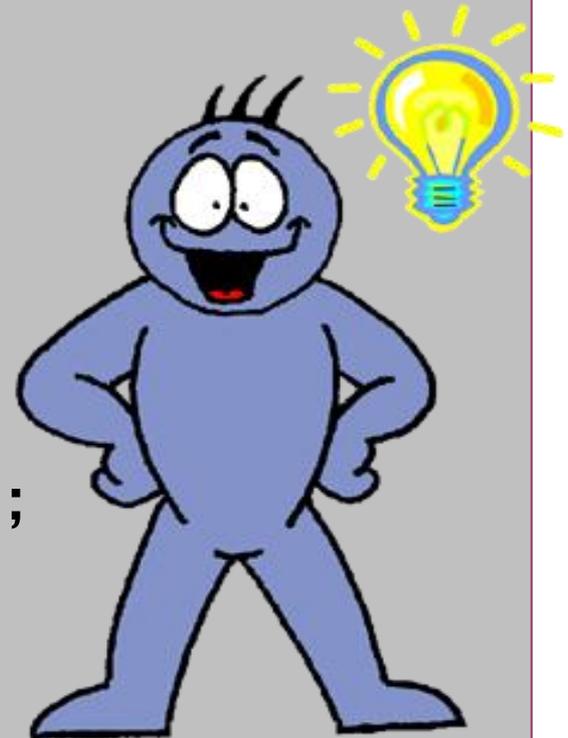


...così è meglio!

```
int main(void)
{
    int dato[10] ;

    for( i=0; i<10; i++)
        scanf("%d", &dato[i]) ;

    for( i=9; i>=0; i--)
        printf("%d\n", dato[i]) ;
}
```



Vettori

- Insiemi di variabili *dello stesso tipo* aggregate in un'unica entità
 - Identificate globalmente da un nome
 - Singole variabili (*elementi*) individuate da un *indice*, corrispondente alla loro posizione rispetto al primo elemento
 - L'indice degli elementi parte da 0
 - Gli elementi di un vettore sono memorizzati in celle di memoria contigue!



Dichiarazione di un vettore

- Sintassi:

<tipo> **<nome vettore>** [**<dimensione>**] ;

- Accesso ad un elemento:

<nome vettore> [**<posizione>**]

- Esempio:

```
int    v[10];
```

- Definisce un insieme di 10 variabili intere

`v[0], v[1], v[2], v[3], v[4], v[5], v[6], v[7], v[8], v[9]`

Dichiarazione di un vettore (Cont.)

```
int dato[10] ;
```

Tipo di dato
base

Nome del
vettore

Numero di
elementi

Inizializzazione di un vettore

- E' possibile assegnare un valore iniziale ad un vettore (solo) *al momento della sua dichiarazione*

- Equivalente ad assegnare OGNI elemento del vettore

- Sintassi (vettore di N elementi):

`{ <valore 0>, <valore 1>, ... , <valore N-1> };`

- Esempio:

```
int lista[4] = {2, 0, -1, 5};
```

- NOTA: Se vengono specificati meno di N elementi, l'inizializzazione assegna a partire dal primo valore. I successivi vengono posti a zero.

- Esempio:

```
int s[4] = {2, 0, -1};  
/* s[0]=2, s[1]=0, s[2]=-1, s[3]=0 */
```

Vettori e indici

- L'indice che definisce la posizione di un elemento di un vettore DEVE essere intero!
 - Non necessariamente costante!
 - Può essere un'espressione complessa (purché intera)

- Esempi:

```
double a[100]; /* a vettore di double */
double x;
int i, j, k;
... ..
x = a[2*i+j-k]; /* è corretto! */
```

Uso di una cella di un vettore

- L'elemento di un vettore è utilizzabile come una qualsiasi variabile:
 - utilizzabile all'interno di un'espressione
 - `tot = tot + dato[i] ;`
 - utilizzabile in istruzioni di assegnazione
 - `dato[0] = 0 ;`
 - utilizzabile per stampare il valore
 - `printf("%d\n", dato[k]) ;`
 - utilizzabile per leggere un valore
 - `scanf("%d\n", &dato[k]) ;`

Vettori e cicli

- I cicli sono particolarmente utili per “scandire” un vettore
- Utilizzo tipico: Applicazione iterativa di un’operazione sugli elementi di un vettore
- Schema:

```
...  
int data[10];  
for (i=0; i<10; i++)  
{  
    // operazione su data[i]  
}  
...
```

Direttiva #define

- Sintassi:

#define <**costante**> <**valore**>

<**costante**>: Identificatore della costante simbolica

- Convenzionalmente indicato tutto in maiuscolo

<**valore**>: Un valore da assegnare alla costante

- Utilizzo:

- Definizione di costanti simboliche
- Maggiore leggibilità
- Maggiore flessibilità
 - Il cambiamento del valore della costante si applica a tutto il file!

Direttiva #define (Cont.)

- Esempio:

- #define PI 3.1415
- #define N 80
- ...
- double z = PI * x;
- int vect[N];

Direttiva #define (Cont.)

```
#define N 10

int main(void)
{
    int dato[N] ;
    . . .
}
```

Definizione
della
costante

Uso della
costante

Modificatore const

```
int main(void)
{
    const int N = 10 ;

    int dato[N] ;

    . . .

}
```

Definizione
della
costante

Uso della
costante

Sintassi

- Stessa sintassi per dichiarare una variabile
- Parola chiave `const`
- Valore della costante specificato dal segno `=`
- Definizione terminata da segno `;`
- Necessario specificare il tipo (es. `int`)
- Il valore di `N` non si può più cambiare

```
const int N = 10 ;
```

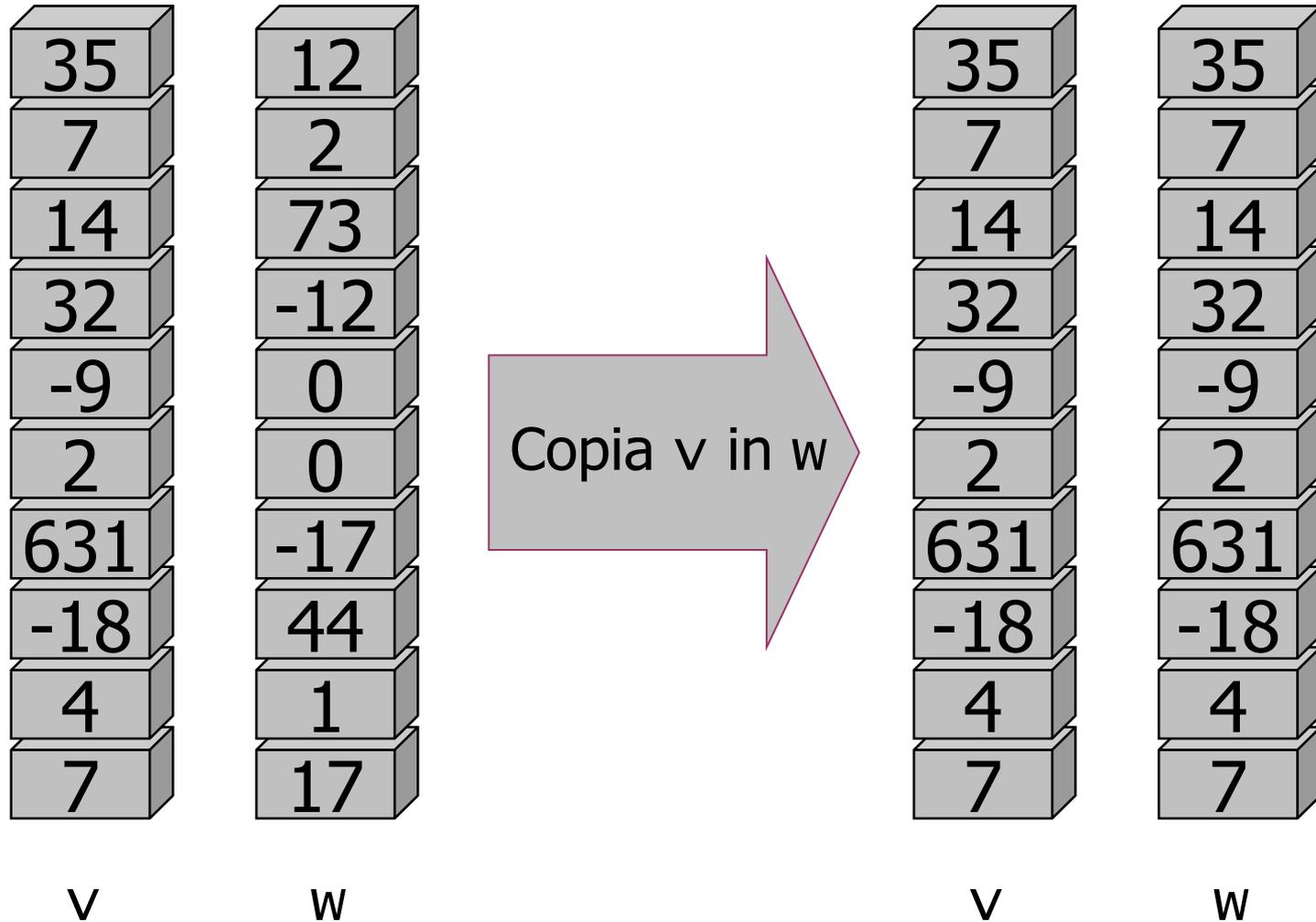
Stampa vettore di interi

```
printf("vettore di %d interi\n", N) ;  
  
for( i=0; i<N; i++ )  
{  
    printf("Elemento %d: ", i+1) ;  
    printf("%d\n", v[i]) ;  
}
```

Lettura vettore di interi

```
printf("Lettura di %d interi\n", N) ;  
  
for( i=0; i<N; i++ )  
{  
    printf("Elemento %d: ", i+1) ;  
    scanf("%d", &v[i]) ;  
}
```

Copia di un vettore



Copia di un vettore

```
/* copia il contenuto di v[] in w[] */  
for( i=0; i<N; i++ )  
{  
    w[i] = v[i] ;  
}
```

Esercizio 1

- Leggere 10 valori interi da tastiera, memorizzarli in un vettore e calcolarne il minimo ed il massimo
- Analisi:
 - Il calcolo del minimo e del massimo richiedono la scansione dell'intero vettore
 - Il generico elemento viene confrontato con il minimo corrente ed il massimo corrente
 - Se minore del minimo, aggiorno il minimo
 - Se maggiore del massimo, aggiorno il massimo
 - Importante l'inizializzazione del minimo/massimo corrente!

Esercizio 1: Soluzione

```
#include <stdio.h>
main()
{
    int v[10];
    int i, max, min;

    for (i=0; i<10; i++)
        scanf("%d", &v[i]);

    /* uso il primo elemento per inizializzare min e max*/
    max = v[0];
    min = v[0];

    for (i=1; i<10; i++) {
        if (v[i] > max)
            max = v[i];

        if (v[i] < min)
            min = v[i];
    }
    printf("Il massimo e': %3d\n", max);
    printf("Il minimo e' : %3d\n", min);
}
```

Esercizio 2

- Scrivere un programma che legga un valore decimale minore di 1000 e lo converta nella corrispondente codifica binaria
- Analisi:
 - Usiamo l'algoritmo di conversione binaria visto a lezione
 - Divisioni successive per 2
 - Si memorizzano i resti nella posizione del vettore di peso corrispondente
 - La cifra meno significativa è l'ultima posizione del vettore!
 - Essenziale determinare la dimensione massima del vettore
 - Per codificare un numero < 1000 servono 10 bit ($2^{10}=1024$)

Esercizio 2: Soluzione

```
#include <stdio.h>
main()
{
    int v[10] = {0};
    int i=9;    /* ultima posizione del vettore */
    unsigned N; /* unsigned perchè positivo */

    printf("Inserire un numero positivo (<1000): ");
    scanf("%d", &N);

    if (N > 1000)
        printf("Errore: il numero deve essere < 1000\n");
    else {
        while(N != 0) {
            v[i] = (N % 2); /* resto della divisione per 2! */
            N = N/2; /* divido N per 2 */
            i--;
        }

        for (i=0; i<10; i++)
            printf("%d", v[i]);
        printf("\n");
    }
}
```

Settimana n.6

Obiettivi

- Ricerche in Vettori
- Flag
- Funzioni

Contenuti

- Ricerca di esistenza
- Ricerca di universalità
- Ricerca di duplicati
- Problem solving su dati vettoriali
- Definizione di Funzioni
- Passaggio di parametri e valore di ritorno

Ricerca di un elemento

- Dato un valore numerico, verificare
 - se **almeno uno** degli elementi del vettore è uguale al valore numerico
 - in caso affermativo, dire dove si trova
 - in caso negativo, dire che non esiste
- Si tratta di una classica istanza del problema di "ricerca di esistenza"

Ricerca di un elemento: Esempio (1/3)

```
int dato ; /* dato da ricercare */
int trovato ; /* flag per ricerca */
int pos ; /* posizione elemento */

...

printf("Elemento da ricercare? ");
scanf("%d", &dato) ;
```

Ricerca di un elemento: Esempio (2/3)

```
trovato = 0 ;  
pos = -1 ;  
  
for( i=0 ; i<N ; i++ )  
{  
    if( v[i] == dato )  
    {  
        trovato = 1 ;  
        pos = i ;  
    }  
}
```

Ricerca di un elemento: Esempio (3/3)

```
if( trovato==1 )
{
    printf("Elemento trovato "
           "alla posizione %d\n", pos+1) ;
}
else
{
    printf("Elemento non trovato\n");
}
```

Varianti

- Altri tipi di ricerche
 - Contare quante volte è presente l'elemento cercato
 - Cercare se esiste almeno un elemento maggiore (o minore) del valore specificato
 - Cercare se esiste un elemento approssimativamente uguale a quello specificato
 - ...

Ricerca del massimo

- Dato un vettore (di interi o reali), determinare
 - quale sia l'elemento di valore massimo
 - quale sia la posizione in cui si trova tale elemento
- Conviene applicare la stessa tecnica per l'identificazione del massimo già vista in precedenza
 - Conviene inizializzare il max al valore del primo elemento

Ricerca del massimo: Esempio (1/2)

```
float max ; /* valore del massimo */
int posmax ; /* posizione del max */

...
max = r[0] ;
posmax = 0 ;

for( i=1 ; i<N ; i++ )
{
    if( r[i]>max )
    {
        max = r[i] ;
        posmax = i ;
    }
}
```

Ricerca del massimo: Esempio (2/2)

```
printf("Il max vale %f e si ", max) ;  
printf("trova in posiz. %d\n", posmax) ;
```

Ricerca di esistenza o universalità

- L'utilizzo dei flag è può essere utile quando si desiderino verificare delle proprietà su un certo insieme di dati
 - È vero che tutti i dati verificano la proprietà?
 - È vero che almeno un dato verifica la proprietà?
 - È vero che nessun dato verifica la proprietà?
 - È vero che almeno un dato non verifica la proprietà?

Esempi

- Verificare che tutti i dati inseriti dall'utente siano positivi
- Determinare se una sequenza di dati inseriti dall'utente è crescente
- Due numeri non sono primi tra loro se hanno almeno un divisore comune
 - esiste almeno un numero che sia divisore dei due numeri dati
- Un poligono regolare ha tutti i lati di lunghezza uguale
 - ogni coppia di lati consecutivi ha uguale lunghezza

Formalizzazione

- È vero che tutti i dati verificano la proprietà?
 - $\forall x : P(x)$
- È vero che almeno un dato verifica la proprietà?
 - $\exists x : P(x)$
- È vero che nessun dato verifica la proprietà?
 - $\forall x : \text{not } P(x)$
- È vero che almeno un dato non verifica la proprietà?
 - $\exists x : \text{not } P(x)$

Realizzazione (1/2)

- Esistenza: $\exists x : P(x)$
 - Inizializzo flag $F = 0$
 - Ciclo su tutte le x
 - Se $P(x)$ è vera
 - Pongo $F = 1$
 - Se $F = 1$, l'esistenza è dimostrata
 - Se $F = 0$, l'esistenza è negata
- Universalità: $\forall x : P(x)$
 - Inizializzo flag $F = 1$
 - Ciclo su tutte le x
 - Se $P(x)$ è falsa
 - Pongo $F = 0$
 - Se $F = 1$, l'universalità è dimostrata
 - Se $F = 0$, l'universalità è negata

Realizzazione (2/2)

- Esistenza: $\exists x : \text{not } P(x)$
 - Inizializzo flag $F = 0$
 - Ciclo su tutte le x
 - Se $P(x)$ è falsa
 - Pongo $F = 1$
 - Se $F = 1$, l'esistenza è dimostrata
 - Se $F = 0$, l'esistenza è negata
- Universalità: $\forall x : \text{not } P(x)$
 - Inizializzo flag $F = 1$
 - Ciclo su tutte le x
 - Se $P(x)$ è vera
 - Pongo $F = 0$
 - Se $F = 1$, l'universalità è dimostrata
 - Se $F = 0$, l'universalità è negata

Esempio 1

- Verificare che tutti i dati inseriti dall'utente siano positivi

```
int positivi ;
...
positivi = 1 ;
i = 0 ;
while( i < n )
{
    ...
    if( dato <= 0 )
        positivi = 0 ;
    ....
    i = i + 1 ;
}
if( positivi == 1 )
    printf("Tutti positivi\n");
```

Esempio 2

- Determinare se una sequenza di dati inseriti dall'utente è crescente

```
int crescente ;
...
crescente = 1 ;
precedente = INT_MIN ;
i = 0 ;
while( i < n )
{
    ...
    if( dato < precedente )
        crescente = 0 ;
    precedente = dato ;
    ....
    i = i + 1 ;
}
```

Esempio 3

- Due numeri non sono primi tra loro se hanno almeno un divisore comune

```
int A, B ;
int noprimi ;
...
noprimi = 0 ;
i = 2 ;
while( i<=A )
{
    ...
    if( (A%i==0) && (B%i==0) )
        noprimi = 1 ;
    ....
    i = i + 1 ;
}
```

Esempio 4

- Un poligono regolare ha tutti i lati di lunghezza uguale

```
int rego ;
...
rego = 1 ;
precedente = INT_MIN ;
i = 0 ;
while( i < n )
{
    ...
    if( lato != precedente )
        rego = 0 ;
    precedente = lato ;
    ....
    i = i + 1 ;
}
```

Ricerca di duplicati

- Un vettore v contiene elementi duplicati?

```
for( i=0 ; i<N ; i++ )
{
    duplicato = 0;
    for( j = 0; j<N ; j++ )
    {
        if( (v[i]== v[j]) && (i != j) )
        {
            duplicato = 1 ;
        }
    }
    if( duplicato == 1 )
        printf( "v[%d] è duplicato\n", i);
}
```

Sottoprogrammi

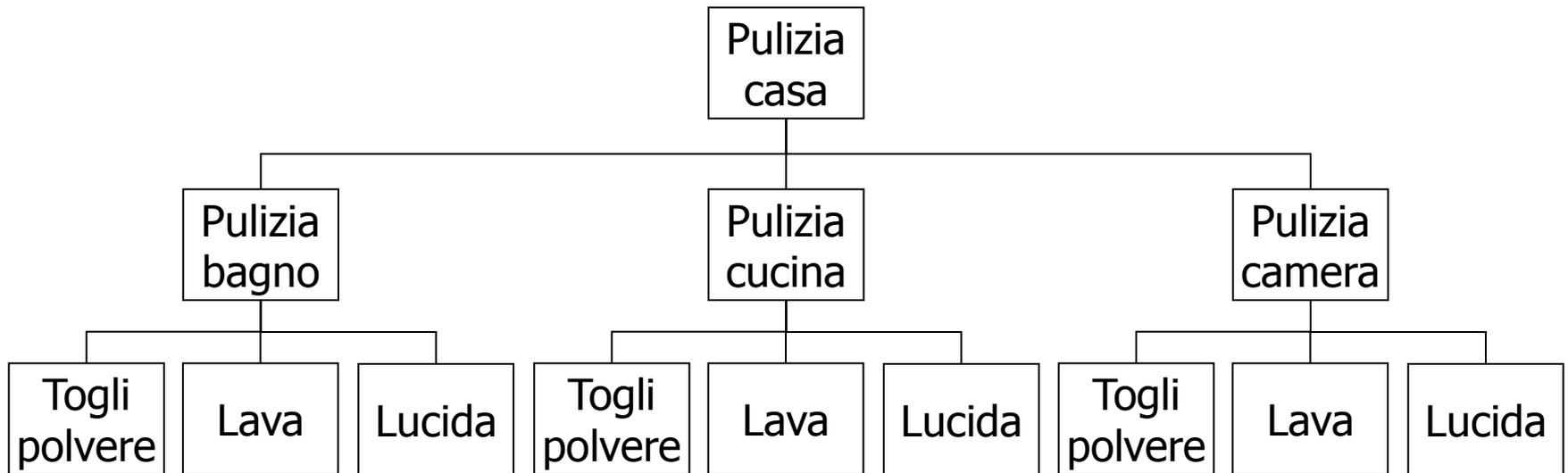
- Un programma realistico può consistere di migliaia di istruzioni
- Sebbene fattibile, una soluzione “monolitica” del problema:
 - Non è molto produttiva:
 - Riutilizzo del codice?
 - Comprensione del codice?
 - Non è intuitiva:
 - Tendenza ad “organizzare” in modo strutturato
 - Struttura gerarchica a partire dal problema complesso fino a sottoproblemi sempre più semplici
- Approccio *top-down*

Approccio top-down

- Decomposizione del problema in sottoproblemi più semplici
- Ripetibile su più livelli
- Sottoproblemi "terminali" = Risolvibili in modo "semplice"

Approccio top-down (Cont.)

- Esempio: Pulizia di una casa

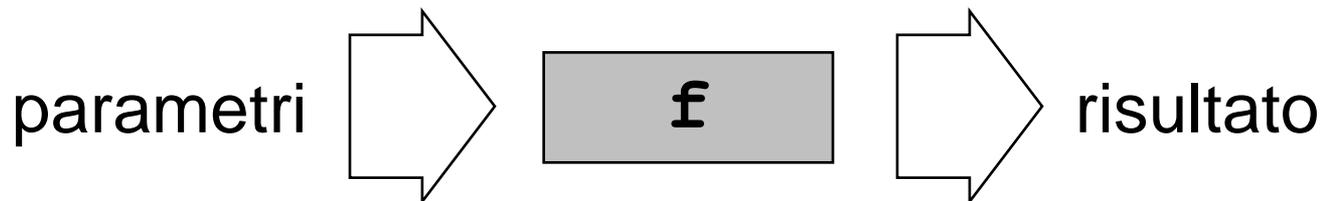


Approccio top-down (Cont.)

- I linguaggi di programmazione permettono di suddividere le operazioni in modo simile tramite **sottoprogrammi**
 - Detti anche **funzioni** o **procedure**
- La gerarchia delle operazioni si traduce in una gerarchia di sottoprogrammi
- `main()` è una funzione!

Funzioni e procedure

- Procedure:
 - Sottoprogrammi che NON ritornano un risultato
- Funzioni:
 - Sottoprogrammi che ritornano un risultato (di qualche tipo primitivo o non)
- In generale, procedure e funzioni hanno dei *parametri* (o *argomenti*)
 - Vista funzionale:



Funzioni e procedure in C

- Nel C K&R:
 - Esistono solo funzioni (tutto ritorna un valore)
 - Si può ignorare il valore ritornato dalle funzioni
- Dal C89 (ANSI) in poi:
 - Funzioni il cui valore di ritorno deve essere ignorato (`void`)
 - Funzioni `void` ↔ procedure

Definizione di una funzione

- Stabilisce un “nome” per un insieme di operazioni

- Sintassi:

```
< tipo risultato > < nome funzione > ( < parametri formali > )  
{  
    < istruzioni >  
}
```

- Se la funzione non ha un risultato, < **tipo risultato** > deve essere `void`
- Per ritornare il controllo alla funzione *chiamante*, nelle < **istruzioni** > deve comparire una istruzione
 - `return <valore>;` **se non** `void`
 - `return;` **se** `void`

Definizione di una funzione (Cont.)

- Tutte le funzioni sono definite allo stesso livello del `main()`
 - NON si può definire una funzione dentro un'altra
- `main()` è una funzione!
 - Tipo del valore di ritorno: `int`
 - Parametri: Vedremo più avanti!

Prototipi

- Così come per le variabili, è buona pratica dichiarare all'inizio del programma le funzioni prima del loro uso (**prototipi**)
- Sintassi:
 - Come per la definizione, ma si omette il contenuto (istruzioni) della funzione

Prototipi: Esempio

```
#include <stdio.h>

int func1(int a);
int func2(float b);
...

main ()
{
...
}

int func1(int a)
{
...
}

int func2(float b)
{
...
}
```

Funzioni e parametri

- Parametri e risultato sono sempre associati ad un tipo

- Esempio:

```
float media(int a, int b)
```



- I tipi di parametri e risultato devono essere rispettati quando la funzione viene utilizzata!

- Esempio:

```
float x; int a,b;  
x = media(a, b);
```

Utilizzo di una funzione

- Deve rispettare l'interfaccia della definizione
- Utilizzata come una normale istruzione
 $\langle \textit{variabile} \rangle = \langle \textit{nome funzione} \rangle (\langle \textit{parametri attuali} \rangle);$
- Può essere usata ovunque
 - Una funzione può anche invocare se stessa (funzione ricorsiva)

Utilizzo di una funzione: Esempio

```
#include <stdio.h>

int modabs(int v1, int v2);    //prototipo

main() {
    int x,y,d;
    scanf("%d %d",&x,&y);
    d = modabs(x,y);          // utilizzo
    printf("%d\n",d);
}

int modabs (int v1, int v2)    // definizione
{
    int v;
    if (v1>=v2) {
        v = v1-v2;
    } else {
        v = v2-v1;
    }
    return v;
}
```

Parametri formali e attuali

- E' importante distinguere tra:
 - Parametri formali:
Specificati nella definizione di una funzione
 - Parametri attuali:
Specificati durante il suo utilizzo

- Esempio:
 - funzione `Func`
 - **Definizione:** `double Func(int x, double y)`
 - Parametri formali: `(x, y)`
 - **Utilizzo:** `double z = Func(a*2, 1.34);`
 - Parametri attuali: `(Risultato di a*2, 1.34)`

Parametri formali e attuali (Cont.)

- Vista funzionale:

- Definizione:



- Utilizzo:



Passaggio dei parametri

- In C, il passaggio dei parametri avviene *per valore*
 - Significato: Il valore dei parametri attuali viene copiato in variabili locali della funzione
- Implicazione:
 - I parametri attuali non vengono **MAI** modificati dalle istruzioni della funzione

Passaggio dei parametri: Esempio

```
#include <stdio.h>

void swap(int a, int b);

main() {
    int x,y;
    scanf("%d %d",&x,&y);
    printf("%d %d\n",x,y);
    swap(x,y);
    /* x e y NON VENGONO MODIFICATI */

    printf("%d %d\n",x,y);
}

void swap(int a, int b)
{
    int tmp;
    tmp = a;
    a = b;
    b = tmp;
    return;
}
```

Passaggio dei parametri (Cont.)

- E' possibile modificare lo schema di passaggio per valore in modo che i parametri attuali vengano modificati dalle istruzioni della funzione
- Passaggio *per indirizzo (by reference)*
 - Parametri attuali = indirizzi di variabili
 - Parametri formali = puntatori al tipo corrispondente dei parametri attuali
 - Concetto:
 - Passando gli indirizzi dei parametri formali posso modificarne il valore
 - La teoria dei puntatori verrà ripresa in dettaglio più avanti
 - Per il momento è sufficiente sapere che:
 - '&'<**variabile**> fornisce l'indirizzo di memoria di <**variabile**>
 - '*'<**puntatore**> fornisce il dato contenuto nella variabile puntata da <**puntatore**>

Passaggio dei parametri: Esempio

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

```
void swap(int *a, int *b);
```

```
main() {
```

```
    int x,y;
```

```
    scanf("%d %d",&x,&y);
```

```
    printf("%d %d\n",x,y);
```

```
    swap(&x,&y);
```

```
    /* x e y SONO ORA MODIFICATI */
```

```
    printf("%d %d\n",x,y);
```

```
}
```

Passo l'indirizzo
di x e y



```
void swap(int *a, int *b)
```

```
{
```

```
    int tmp;
```

```
    tmp = *a;
```

```
    *a = *b;
```

```
    *b = tmp;
```

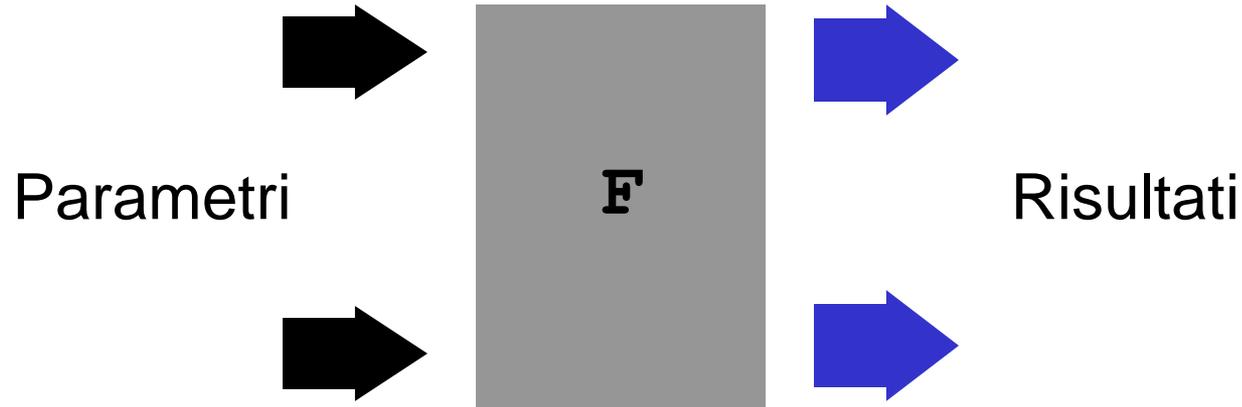
```
    return;
```

```
}
```

Uso *a e *b
come "interi"

Passaggio dei parametri (Cont.)

- Il passaggio dei parametri per *indirizzo* è indispensabile quando la funzione deve ritornare più di un risultato



Vettori e funzioni

- Le funzioni possono avere come parametri dei vettori o matrici:
 - Parametri formali
 - Si indica il nome del vettore, con “[]” senza dimensione
 - Parametri attuali
 - Il nome del vettore SENZA “[]”
- Il nome del vettore indica l'indirizzo del primo elemento, quindi il vettore è passato per indirizzo!

Vettori e funzioni (Cont.)

- Conseguenza:
 - Gli elementi di un vettore passato come argomento vengono SEMPRE modificati!
- **ATTENZIONE:** Dato che il vettore è passato per indirizzo, la funzione che riceve il vettore come argomento **non ne conosce la lunghezza!!!!**
- Occorre quindi passare alla funzione anche la dimensione del vettore!

Esercizio

- Scrivere una funzione `nonnull()` che ritorni il numero di elementi non nulli di un vettore di interi passato come parametro

- Soluzione:

```
int nonnull(int v[], int dim)
{
    int i, n=0;
    for (i=0; i<dim; i++) {
        if (v[i] != 0)
            n++;
    }
    return n;
}
```

All'interno della funzione
bisogna sapere la dimensione
del vettore

Se `v[]` fosse modificato dentro la
funzione, il valore sarebbe
modificato anche nella funzione
chiamante

Settimana n.7

Obiettivi

- Caratteri
- Vettori di caratteri
- Stringhe

Contenuti

- Funzioni <math.h>
- Il tipo char
- Input/output di caratteri
- Operazioni su variabili char
- Funzioni <ctype.h>
- Stringhe come vettori di char
- Il terminatore nullo
- Stringhe come tipo gestito dalla libreria
- Funzioni di I/O sulle stringhe

Funzioni matematiche

- Utilizzabili includendo in testa al programma

```
#include <math.h>
```

- NOTA: Le funzioni trigonometriche (sia dirette sia inverse) operano su angoli espressi in radianti

math.h

<i>funzione</i>	<i>definizione</i>
<code>double sin (double x)</code>	$\sin (x)$
<code>double cos (double x)</code>	$\cos (x)$
<code>double tan (double x)</code>	$\tan (x)$
<code>double asin (double x)</code>	$\text{asin} (x)$
<code>double acos (double x)</code>	$\text{acos} (x)$
<code>double atan (double x)</code>	$\text{atan} (x)$
<code>double atan2 (double y, double x)</code>	$\text{atan} (y / x)$
<code>double sinh (double x)</code>	$\sinh (x)$
<code>double cosh (double x)</code>	$\cosh (x)$
<code>double tanh (double x)</code>	$\tanh (x)$

math.h (Cont.)

funzione	<i>definizione</i>
<code>double pow (double x, double y)</code>	x^y
<code>double sqrt (double x)</code>	radice quadrata
<code>double log (double x)</code>	logaritmo naturale
<code>double log10 (double x)</code>	logaritmo decimale
<code>double exp (double x)</code>	e^x

math.h (Cont.)

<i>funzione</i>	<i>definizione</i>
<code>double ceil (double x)</code>	ceil (x)
<code>double floor (double x)</code>	floor (x)
<code>double fabs (double x)</code>	valore assoluto
<code>double fmod (double x, double y)</code>	modulo
<code>double modf (double x, double *ipart)</code>	restituisce la parte frazionaria di x e memorizza la parte intera di x in ipart

Funzioni matematiche: Esempio

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

double log2(double x);

main()
{
    int nogg, nbit;

    printf("Dammi il numero di oggetti: ");
    scanf("%d", &nogg);
    nbit=ceil(log2((double)nogg));
    printf("Per rappresentare %d oggetti servono %d
           bit\n", nogg, nbit);
}

double log2(double x)
{
    return log(x)/log((double)2);
}
```

Codice ASCII

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
0	0	000	NUL (null)	32	20	040	 	Space	64	40	100	@	@	96	60	140	`	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	!	65	41	101	A	A	97	61	141	a	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	"	66	42	102	B	B	98	62	142	b	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	#	67	43	103	C	C	99	63	143	c	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	$	\$	68	44	104	D	D	100	64	144	d	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	%	69	45	105	E	E	101	65	145	e	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	&	70	46	106	F	F	102	66	146	f	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	'	71	47	107	G	G	103	67	147	g	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	((72	48	110	H	H	104	68	150	h	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051))	73	49	111	I	I	105	69	151	i	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	*	74	4A	112	J	J	106	6A	152	j	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	+	75	4B	113	K	K	107	6B	153	k	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	,	76	4C	114	L	L	108	6C	154	l	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	-	77	4D	115	M	M	109	6D	155	m	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	.	78	4E	116	N	N	110	6E	156	n	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	/	79	4F	117	O	O	111	6F	157	o	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	0	80	50	120	P	P	112	70	160	p	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	1	81	51	121	Q	Q	113	71	161	q	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	2	82	52	122	R	R	114	72	162	r	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	3	83	53	123	S	S	115	73	163	s	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	4	84	54	124	T	T	116	74	164	t	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	5	85	55	125	U	U	117	75	165	u	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	6	86	56	126	V	V	118	76	166	v	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	7	87	57	127	W	W	119	77	167	w	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	8	88	58	130	X	X	120	78	170	x	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	9	89	59	131	Y	Y	121	79	171	y	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	:	90	5A	132	Z	Z	122	7A	172	z	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	;	91	5B	133	[[123	7B	173	{	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	<	92	5C	134	\	\	124	7C	174	|	
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	=	93	5D	135]]	125	7D	175	}	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	>	94	5E	136	^	^	126	7E	176	~	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	?	95	5F	137	_	_	127	7F	177		DEL

Dualità caratteri - numeri

- Ogni carattere è rappresentato dal suo codice ASCII

y	7	W	!	%
121	55	87	33	37

- Ogni stringa è rappresentata dai codici ASCII dei caratteri di cui è composta

F	u	l	v	i	o	0	6	A	Z	N
70	117	108	118	105	111	48	54	65	90	78
0	1	1	-	5	6	4	6	3	3	2
48	49	49	45	53	54	52	54	51	51	50

I/O a caratteri

- Acquisizione/stampa di un carattere alla volta
- Istruzioni:
 - `int getchar()`
 - Legge un carattere da tastiera
 - Il carattere viene fornito come "risultato" di `getchar` (valore intero)
 - In caso di errore il risultato è la costante `EOF` (dichiarata in `stdio.h`)
 - `int putchar(<carattere>)`
 - Stampa *<carattere>* su schermo
 - *<carattere>*: Un dato di tipo `char`

EOF

- EOF = End-of-File
- Rappresenta in realtà un valore fittizio corrispondente alla fine dell' input
- Indica che non ci sono più dati in input
- EOF può essere prodotto in diversi modi:
 - Automaticamente, se si sta leggendo un file
 - Premendo CTRL+' Z' in MS-DOS o VMS
 - Premendo CTRL+' D' in Unix

I/O a caratteri: Esempio

```
#include <stdio.h>

main()
{
    int tasto;

    printf("Premi un tasto...\n");
    tasto = getchar();
    if (tasto != EOF)    /* errore ? */
    {
        printf("Hai premuto %c\n", tasto);
        printf("Codice ASCII = %d\n", tasto);
    }
}
```

scanf/printf e getchar/putchar

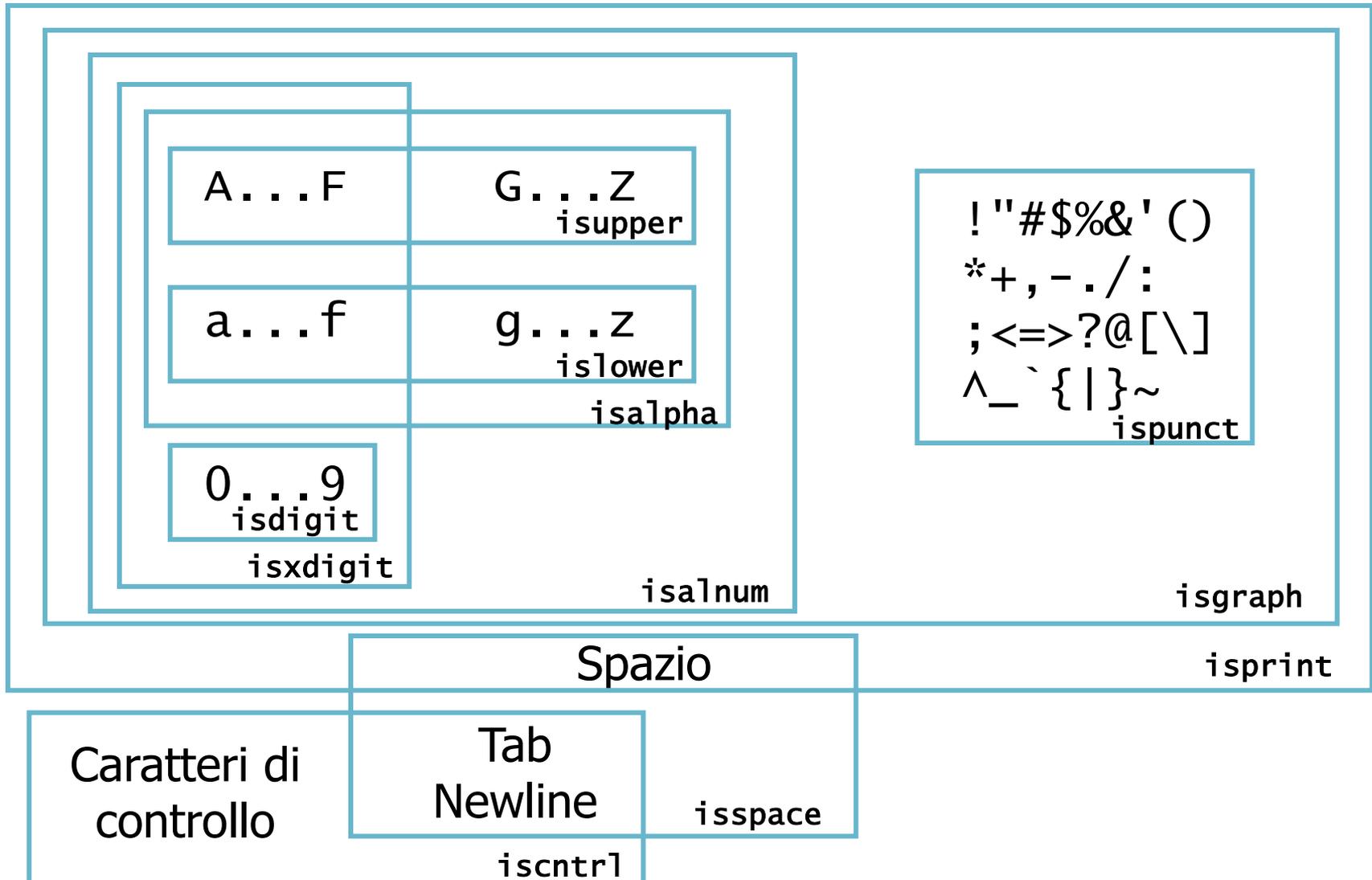
- `scanf` e `printf` sono "costruite" a partire da `getchar/putchar`
- `scanf/printf` sono utili quando è noto il formato (tipo) del dato che viene letto
 - Esempio: Serie di dati con formato fisso
- `getchar/putchar` sono utili quando non è noto tale formato
 - Esempio: Un testo

Funzioni di utilità

- Classificazione caratteri (<ctype.h>)

<i>funzione</i>	<i>definizione</i>
<code>int isalnum (char c)</code>	Se c è lettera o cifra
<code>int isalpha (char c)</code>	Se c è lettera
<code>int isascii(char c)</code>	Se c è lettera o cifra
<code>int isdigit (char c)</code>	Se c è una cifra
<code>int islower(char c)</code>	Se c è minuscola
<code>int isupper (char c)</code>	Se c è maiuscola
<code>int isspace(char c)</code>	Se c è spazio,tab,\n
<code>int iscntrl(char c)</code>	Se c è di controllo
<code>int isgraph(char c)</code>	Se c è stampabile, non spazio
<code>int isprint(char c)</code>	Se c è stampabile
<code>int ispunct(char c)</code>	Se c è di interpunzione
<code>int toupper(char c)</code>	Converte in maiuscolo
<code>int tolower(char c)</code>	Converte in minuscolo

Funzioni di utilità: vista d'insieme



Stringhe

- Nel linguaggio C non è supportato esplicitamente alcun tipo di dato "stringa"
- Le informazioni di tipo stringa vengono memorizzate ed elaborate ricorrendo a semplici **vettori di caratteri**

```
char saluto[10] ;
```

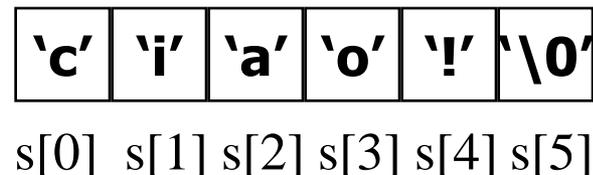
B	u	o	n	g	i	o	r	n	o
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Stringhe (Cont.)

- Definizione:
Sequenze di caratteri terminate dal carattere `'\0'` (NULL)
- Tecnicamente:
Vettori di caratteri terminati da un carattere aggiuntivo `'\0'` (NULL)
- Memorizzate come i vettori
- La lunghezza della stringa può essere definita implicitamente mediante l'assegnazione di una costante stringa, rappresentata da una sequenza di caratteri racchiusa tra doppi apici

- Esempio:

```
char s[] = "ciao!";
```



Stringhe (Cont.)

- NOTA: La stringa vuota non è un vettore "vuoto"!

- Esempio: `char s[] = "";`

`\0'`

`s[0]`

- Attenzione: `'a'` è diverso da `"a"`
- Infatti `'a'` indica il carattere a, mentre `"a"` rappresenta la stringa a (quindi con `\0'` finale).

- Graficamente:

- `"Ciao"` ---->

<code>'C'</code>	<code>'i'</code>	<code>'a'</code>	<code>'o'</code>	<code>'\0'</code>
------------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

- `"a"` ---->

<code>'a'</code>	<code>'\0'</code>
------------------	-------------------

- `'a'` ---->

<code>'a'</code>

Formattazione di stringhe

- Le operazioni di I/O formattato possono essere effettuate anche da/su stringhe

- Funzioni

```
int sscanf(char* <stringa>, char* <formato>, <espressioni>);
```

- Restituisce EOF in caso di errore, altrimenti il numero di campi letti con successo

```
int sprintf(char* <stringa>, char* <formato>, <variabili>);
```

- Restituisce il numero di caratteri scritti

- Utili in casi molto particolari per costruire/analizzare stringhe con un formato fisso

I/O di stringhe

- Diamo per scontato di utilizzare la convenzione del terminatore nullo
- Si possono utilizzare
 - Funzioni di lettura e scrittura carattere per carattere
 - Come nell'esercizio precedente
 - Funzioni di lettura e scrittura di stringhe intere
 - scanf e printf
 - gets e puts

Esempio

```
const int MAX = 20 ;  
char nome[MAX+1] ;  
  
printf("Come ti chiami? ") ;  
  
scanf("%s", nome) ;
```

Esempio

```
const int MAX = 20 ;  
char nome[MAX+1] ;  
  
printf("Come ti chiami? ") ;  
  
gets(nome) ;
```

Esempio

```
printf("Buongiorno, ") ;  
printf("%s", nome) ;  
printf("!\n") ;
```

```
printf("Buongiorno, %s!\n", nome) ;
```

Esempio

```
printf("Buongiorno, ") ;  
puts(nome) ;  
  
/* No!! printf("!\n") ; */
```

Settimana n.8

Obiettivi

- Stringhe
- Matrici
- Vettori di Stringhe

Contenuti

- Funzioni <string.h>
- Vettori multidimensionali
- Matrice come estensione dei vettori
- Problem solving su dati testuali

Manipolazione di stringhe

- Data la loro natura di tipo "aggregato", le stringhe non possono essere usate come variabili qualunque

- Esempi di operazioni non lecite:

```
char s1[20], s2[10], s3[50];
```

```
...
```

```
s1 = "abcdefg";
```

```
s2 = "hijklmno";
```

```
s3 = s1 + s2;
```



NO!

- A questo scopo esistono apposite funzioni per la manipolazione delle stringhe

Funzioni di libreria per stringhe

- Utilizzabili includendo in testa al programma

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

<i>funzione</i>	<i>definizione</i>
<code>char* strcat (char* s1, char* s2);</code>	concatenazione s1+s2
<code>char* strchr (char* s, int c);</code>	ricerca di c in s
<code>int strcmp (char* s1, char* s2);</code>	confronto
<code>char* strcpy (char* s1, char* s2);</code>	s1 <= s2
<code>int strlen (char* s);</code>	lunghezza di s
<code>char* strncat (char* s1, char* s2, int n);</code>	concat. n car. max
<code>char* strncpy (char* s1, char* s2, int n);</code>	copia n car. max
<code>char* strncmp (char* dest, char* src, int n);</code>	cfr. n car. max

Funzioni di libreria per stringhe (Cont.)

- NOTE:

- Non è possibile usare vettori come valori di ritorno delle funzioni di libreria

- Esempio:

```
char s[20]
```

```
...
```

```
s = strcat(stringa1, stringa2); /* NO! */
```

- Alcune funzioni possono essere usate “senza risultato”

- Esempio:

```
strcpy(<stringa destinazione>, <stringa origine>)
```

```
strcat(<stringa destinazione>, <stringa origine>)
```

- Il valore di ritorno coincide con la stringa destinazione

Esercizio 1

- Realizzare un meccanismo di "cifratura" di un testo che consiste nell'invertire le righe del testo stesso
- Esempio:

C'era una volta
un re che ...



atlov anu are'C
ehc er nu

Esercizio 1: Soluzione

```
#include <stdio.h>
main()
{
    int i,j, len;
    char s[80], dest[80];    /* una riga */

    while (gets(s) != NULL) {
        len = strlen(s); j = 0;
        for (i=len-1;i>=0;i--) {
            dest[j] = s[i];
            j++;
        }
        dest[j]='\0';
        puts(dest);
    }
}
```

Esercizio 2

- Si scriva un programma che legga da tastiera due stringhe e cancelli dalla prima stringa i caratteri contenuti nella seconda stringa
- Esempio:
 - str1: "Olimpico"
 - str2: "Oio"
 - risultato: "Impc"

Esercizio 2: Soluzione

```
#include <stdio.h>
#define MAXCAR 128

char *elimina(char str1[], char str2[]);

main()
{
    char str1[MAXCAR], str2[MAXCAR];
    printf("Dammi la stringa str1: ");
    scanf("%s", str1);
    printf("Dammi la stringa str2: ");
    scanf("%s", str2);
    printf("str1-str2= %s\n", elimina(str1, str2));
}
```

Esercizio 2: Soluzione (Cont.)

```
char *elimina(char str1[], char str2[])
{
    int i, j, k;

    for(i=j=0; str1[i] != '\0'; i++)
    {
        for(k=0; (str2[k] != '\0') && (str1[i] != str2[k]); k++);
        if(str2[k] == '\0')
            str1[j++] = str1[i];
    }
    str1[j] = '\0';
    return str1;
}
```

I/O a righe

- Acquisizione/stampa di una riga alla volta
 - Riga = Serie di caratteri terminata da `'\n'`
- Istruzioni:
 - `char *gets(<stringa>)`
 - Legge una riga da tastiera (fino al `'\n'`)
 - La riga viene fornita come stringa (`<stringa>`), senza il carattere `'\n'`
 - In caso di errore, il risultato è la costante `NULL` (definita in `stdio.h`)
 - `int puts(<stringa>)`
 - Stampa `<stringa>` su schermo
 - Aggiunge sempre `'\n'` alla stringa

I/O a righe (Cont.)

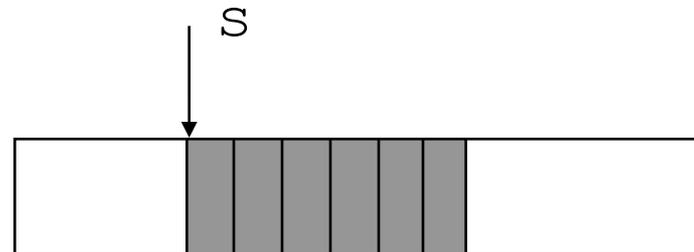
- L'argomento di gets/puts è di tipo "puntatore" (discussione più avanti), definito come segue:

char*

- Significato: Il puntatore ad una stringa contiene l'indirizzo di memoria in cui il primo carattere della stringa è memorizzato

- Esempio:

```
- char* s;
```



I/O a righe (Cont.)

- NOTE:
 - `puts/gets` sono "costruite" a partire da `getchar/putchar`
 - Uso di `gets` richiede l'allocazione dello spazio di memoria per la riga letta in input
 - Gestione dei puntatori che vedremo più avanti
 - `puts(s)` è identica a `printf("%s\n", s);`
- Usate meno di frequente delle altre istruzioni di I/O

I/O a righe: Esempio

- Programma che replica su video una riga di testo scritta dall'utente

```
#include <stdio.h>

main()
{
    char *s, *res;
    printf("Scrivi qualcosa\n");
    //res = gets(s);
    if (res != NULL)    // if (gets(s) != NULL) /* errore ? */
    {
        puts("Hai inserito"); //printf("Hai inserito\n");
        puts(s); //printf("%s\n", s);
    }
}
```

Vettori multidimensionali

- E' possibile estendere il concetto di variabile indicizzata a più dimensioni
 - Utilizzo tipico:
Vettori bidimensionali per realizzare tabelle (matrici)
- Implementazione: Vettore di vettori

a

a[0][0]	a[0][1]	a[0][2]	a[0][3]	a[0][4]	a[0]
a[1][0]	a[1][1]	a[1][2]	a[1][3]	a[1][4]	a[1]
a[2][0]	a[2][1]	a[2][2]	a[2][3]	a[2][4]	a[2]

```
int a[3][5];
```

Vettori multidimensionali (Cont.)

- Sintassi:

`<tipo> <nome vettore> [<dim1>] [<dim2>] ... [<dimN>];`

- Accesso ad un elemento:

`<nome vettore> [<pos1>] [<pos2>] ... [<posN>]`

- Esempio:

```
int v[3][2];
```

- Inizializzazione:

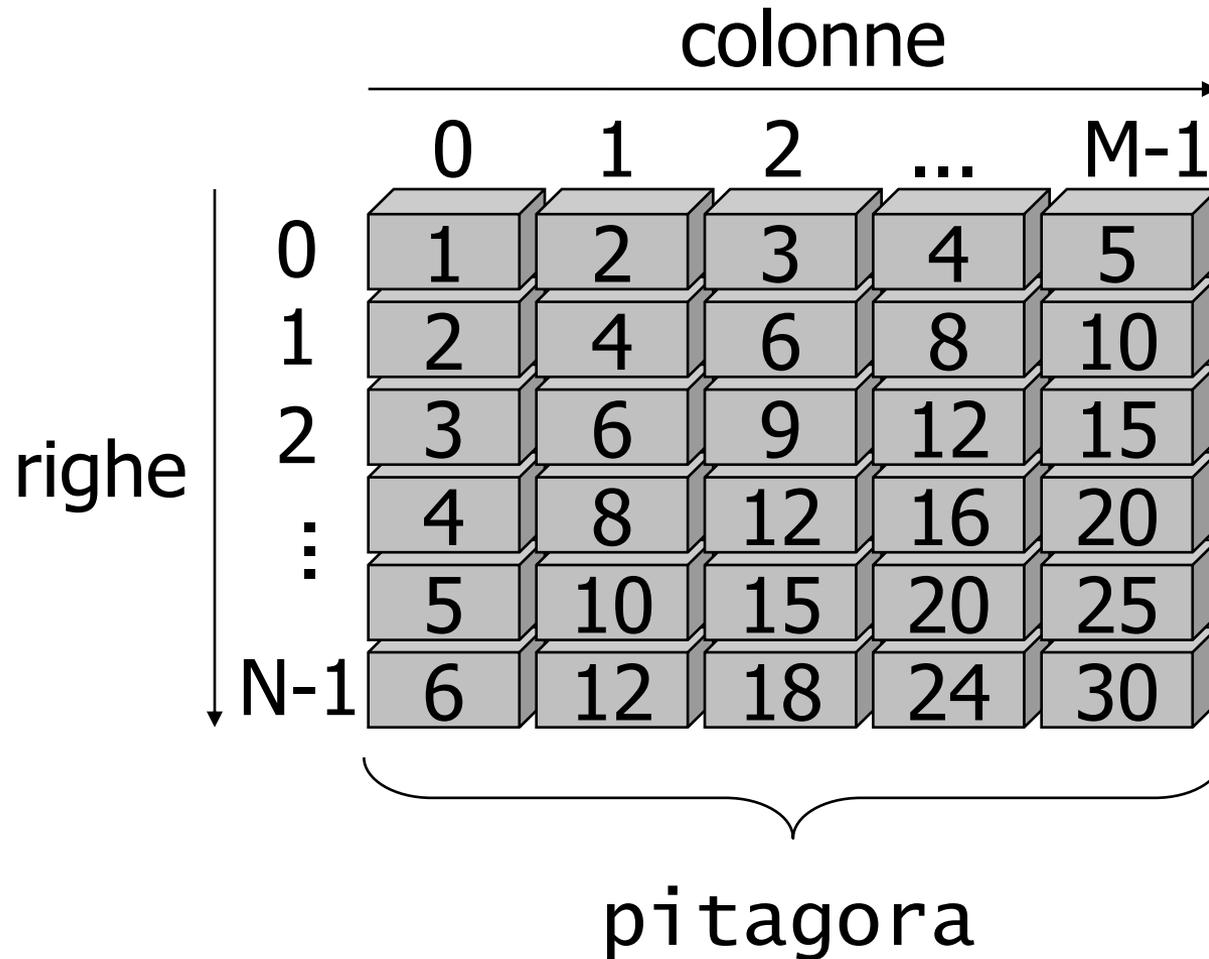
- Inizializzazione per righe!

- Esempio:

```
int v[3][2] = {{8,1},{1,9},{0,3}}; // vettore 3x2
```

```
int w[3][2] = { 8,1, 1,9, 0,3 }; // equivalente
```

Matrice bidimensionale



Vettori multidimensionali e cicli

- Per vettori a più dimensioni, la scansione va applicata a tutte le dimensioni
 - Cicli "annidati"
- Esempio:
Accesso agli elementi di una matrice 3x5

```
int x[3][5];  
...  
for (i=0; i < 3; i++) { /* per ogni riga i */  
    for (j=0; j < 5; j++) { /* per ogni colonna j */  
        ... // operazione su x[i][j]  
    }  
}
```

Stampa per righe matrice di reali

```
printf("Matrice: %d x %d\n", N, M);  
  
for(i=0; i<N; i++)  
{  
    /* Stampa la riga i-esima */  
    for(j=0; j<M; j++)  
    {  
        printf("%f ", mat[i][j]) ;  
    }  
    printf("\n");  
}
```

Lettura per righe matrice di reali

```
printf("Immetti matrice %d x %d\n",  
      N, M) ;  
  
for(i=0; i<N; i++)  
{  
    printf("Riga %d:\n", i+1) ;  
    for(j=0; j<M; j++)  
    {  
        printf("Elemento (%d,%d): ",  
              i+1, j+1) ;  
        scanf("%f", &mat[i][j]) ;  
    }  
}
```

Somma per righe

```
for(i=0 ; i<N ; i++)
{
    somma = 0.0 ;
    for(j=0; j<M; j++)
        somma = somma + mat[i][j] ;
    sr[i] = somma ;
}

for(i=0; i<N; i++)
    printf("Somma riga %d = %f\n",
        i+1, sr[i]) ;
```

Esercizio 1

- Scrivere un programma che acquisisca da tastiera gli elementi di una matrice quadrata 5x5 e che stampi su video la matrice trasposta
- Analisi:
 - Per il caricamento dei dati nella matrice, utilizziamo due cicli `for` annidati
 - Il più interno scandisce la matrice per colonne, utilizzando l'indice `j`
 - Il più esterno scandisce la matrice per righe, utilizzando l'indice `i`
 - Per la stampa della matrice trasposta, utilizziamo due cicli `for` annidati, ma con gli indici di riga (`i`) e colonna (`j`) scambiati rispetto al caso dell'acquisizione dei dati

Esercizio 1: Soluzione

```
#include <stdio.h>

main()
{
    int matrice[5][5], i, j;

    printf("Inserire gli elementi per righe:\n");
    for (i=0; i<5; i++)
        for (j=0; j<5; j++)
            scanf("%d", &matrice[i][j]);
    printf("\n\n");

    /* stampa della matrice trasposta */
    for (j=0; j<5; j++) {
        for (i=0; i<5; i++)
            printf("%5d", matrice[i][j]);
        printf("\n");
    }
}
```

Esercizio 2

- Scrivere un programma che legga da tastiera una matrice quadrata di dimensioni massime 32x32 e stampi su video la matrice stessa con accanto a destra la somma di ciascuna riga ed in basso la somma di ciascuna colonna
 - Le dimensioni della matrice devono essere inserite da tastiera

- Esempio:

4	3	1	2	10
1	7	2	2	12
3	3	5	0	11
8	13	8	4	

Esercizio 2 (Cont.)

- Analisi:

- Il caricamento dei valori nella matrice avviene con un doppio ciclo `for` annidato
- Le somme delle varie righe sono memorizzate in un vettore `vet_righe` avente un numero di elementi pari al numero di righe della matrice
- Le somme delle varie colonne sono memorizzate in un vettore `vet_col` avente un numero di elementi pari al numero di colonne della matrice
- Il calcolo delle somme delle righe viene eseguito tramite un doppio ciclo `for` annidato che scandisce la matrice per righe
- Il calcolo delle somme delle colonne viene eseguito tramite un doppio ciclo `for` annidato che scandisce la matrice per colonne
- La stampa della matrice e del vettore `vet_righe` avviene con un doppio ciclo `for` annidato
- La stampa del vettore `col` avviene con un singolo ciclo `for`

Esercizio 2: Soluzione

```
#include <stdio.h>
#define MAXDIM 32

main()
{

    int matrice[MAXDIM][MAXDIM],
        vet_righe[MAXDIM],
        vet_col[MAXDIM],
        nrighe, ncol, somma, i, j;

    printf("Inserire le dimensioni della matrice: ");
    scanf("%d %d", &nrighe, &ncol);
    /* caricamento elementi della matrice per righe */
    printf("Inserire gli elementi per righe:\n");
    for (i=0; i<nrighe; i++)
        for (j=0; j<ncol; j++)
            scanf("%d", &matrice[i][j]);
```

Esercizio 2: Soluzione (Cont.)

```
/* calcolo della somma delle righe */
for (i=0; i<nrighe; i++) {
    somma = 0;
    for (j=0; j<ncol; j++)
        somma = somma + matrice[i][j];
    vet_righe[i] = somma;
}
```

```
/* calcolo della somma delle colonne */
for (j=0; j<ncol; j++) {
    somma = 0;
    for (i=0; i<nrighe; i++)
        somma = somma + matrice[i][j];
    vet_col[j] = somma;
}
```

Esercizio 2: Soluzione (Cont.)

```
/* stampa matrice e vettore somma delle righe*/
printf("\n\n");
for (i=0; i<nrighe; i++) {
    for (j=0; j<ncol; j++)
        printf("%4d", matrice[i][j]);
    printf("%7d\n", vet_righe[i]);
}
/* stampa vettore somma delle colonne */
printf("\n");
for (j=0; j<ncol; j++)
    printf("%4d", vet_col[j]);
printf("\n\n");
}
```

Settimana n.9

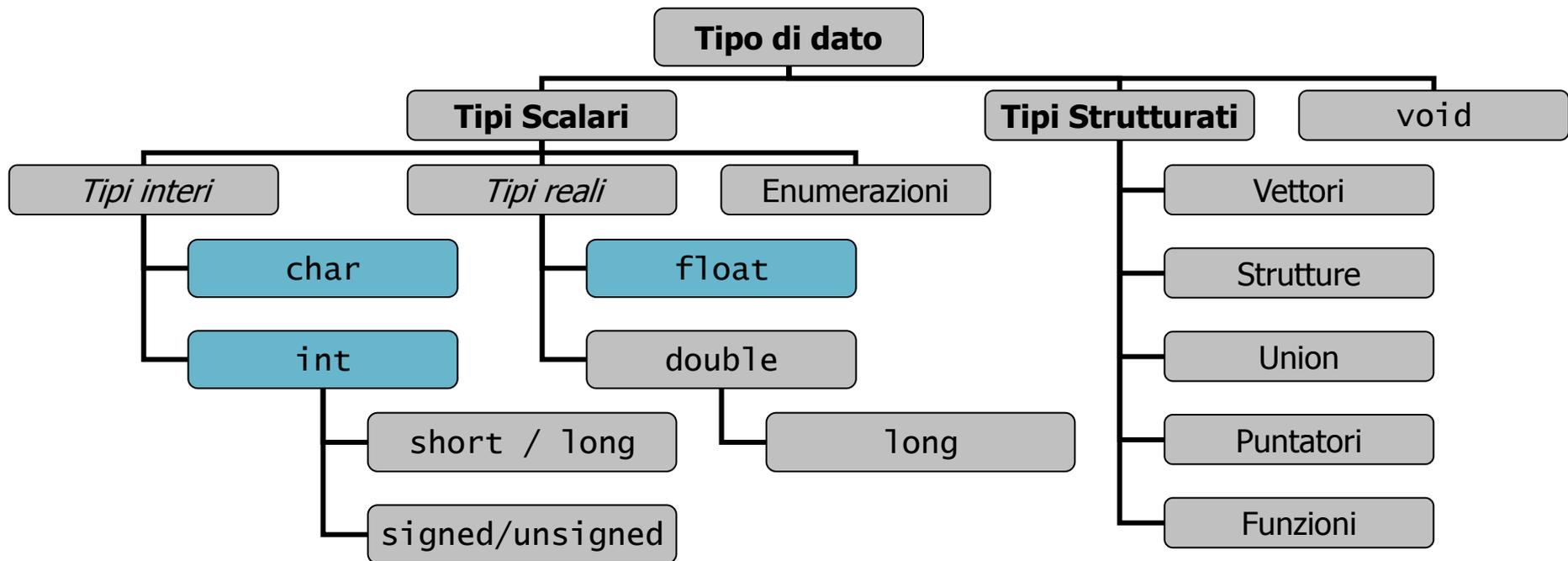
Obiettivi

- Tipi di dato scalari (completi)
- Argomenti sulla linea di comando

Contenuti

- Il sistema dei tipi scalari in C (completo)
- Attivazione di programmi da command line
- Argc, argv
- Conversione degli argomenti
- La funzione exit

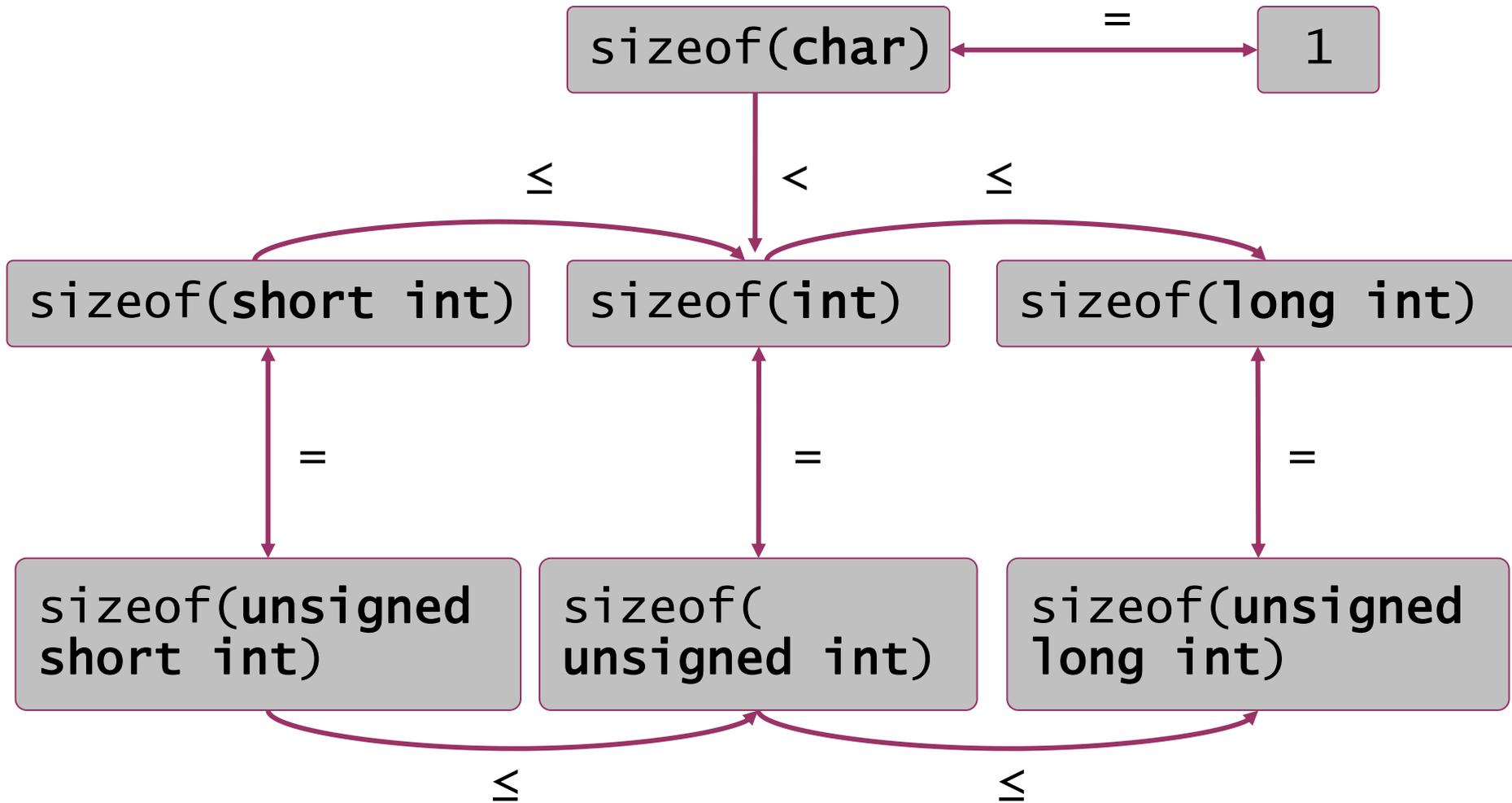
Il sistema dei tipi C



I tipi interi in C

Tipo	Descrizione	Esempi
char	Caratteri ASCII	'a' '7' '!'
int	Interi...	+2 -18 0 +24221
short int	... con meno bit	
long int	... con più bit	
unsigned int	Interi senza segno...	0 1 423 23234
unsigned short int	... con meno bit	
unsigned long int	... con più bit	

Specifiche del C



Intervallo di rappresentazione

Tipo	Min	Max
char	CHAR_MIN	CHAR_MAX
int	INT_MIN	INT_MAX
short int	SHRT_MIN	SHRT_MAX
long int	LONG_MIN	LONG_MAX
unsigned int	0	UINT_MAX
unsigned short int	0	USHRT_MAX
unsigned long int	0	ULONG_MAX

```
#include <limits.h>
```

Compilatori a 32 bit

Tipo	N. Bit	Min	Max
char	8	-128	127
int	32	-2147483648	2147483647
short int	16	-32768	32767
long int	32	-2147483648	2147483647
unsigned int	32	0	4294967295
unsigned short int	16	0	65536
unsigned long int	32	0	4294967295

I tipi reali in C

Tipo	Descrizione
float	Numeri reali in singola precisione
double	Numeri reali in doppia precisione
long double	Numeri reali in massima precisione

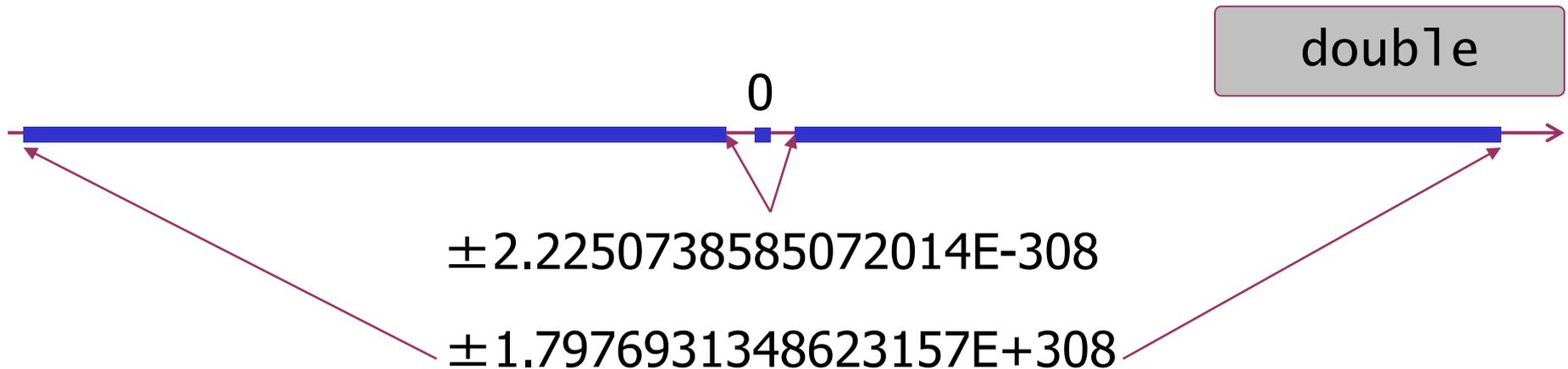
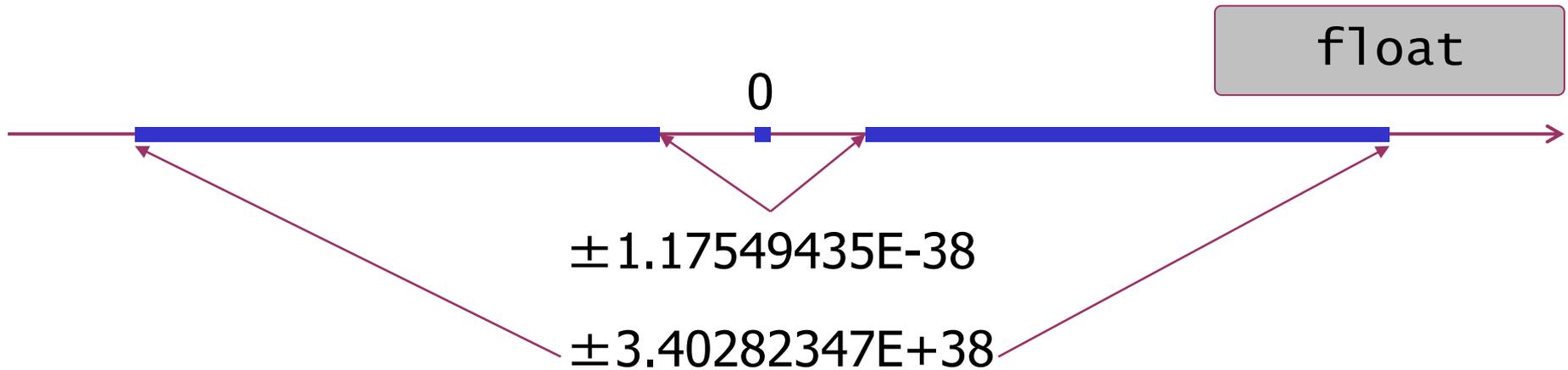
$$A = \overset{\text{segno}}{\pm} \underbrace{1.mmmmm}_{\text{mantissa}} \times 2^{\overset{\text{esponente}}{\pm eeeee}}$$

Numero di bit

Tipo	Dimensione	Mantissa	Esponente
float	32 bit	23 bit	8 bit
double	64 bit	53 bit	10 bit
long double	≥ double		

$$A = \overset{\text{segno}}{\pm} \underbrace{1.mmmmm}_{\text{mantissa}} \times 2^{\overset{\text{esponente}}{\pm eeeee}}$$

Intervallo di rappresentazione

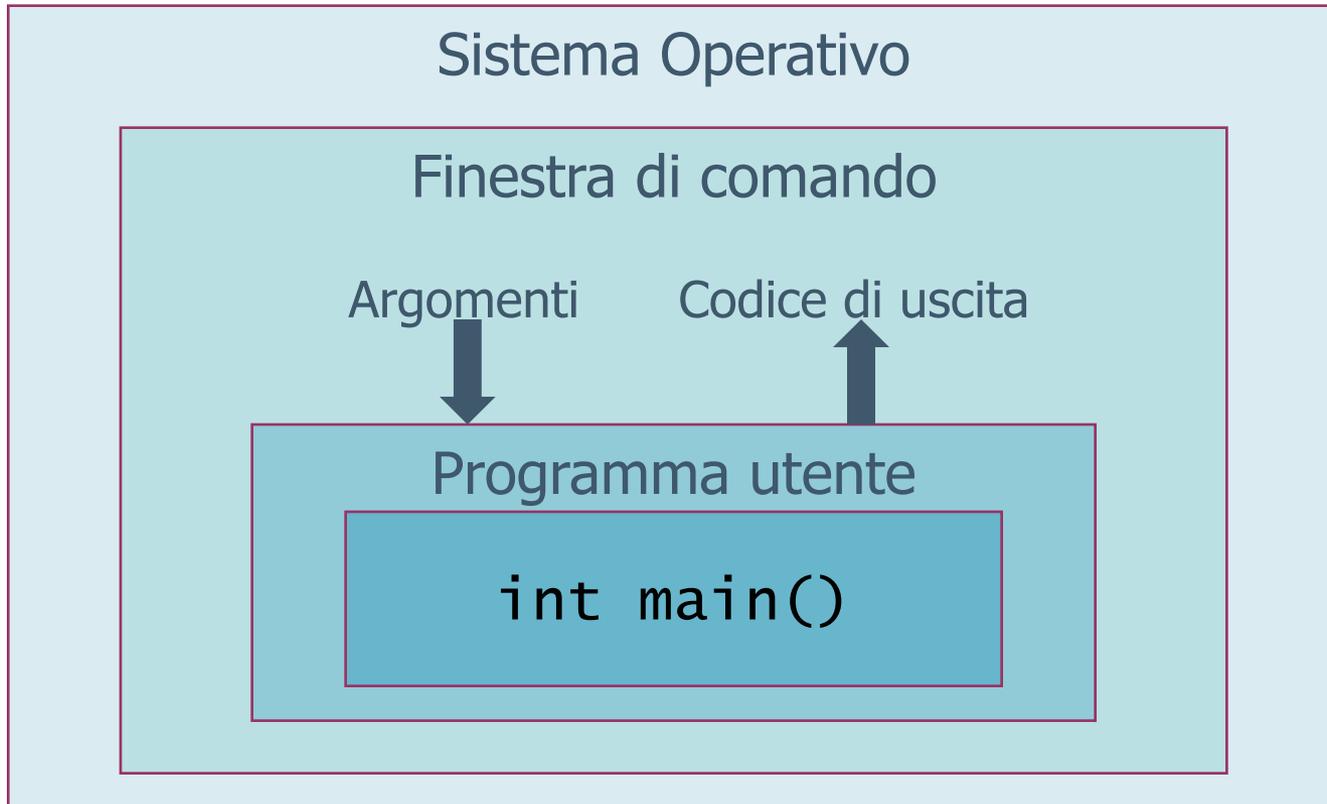


Specificatori di formato

Tipo	scanf	printf
char	%c	%c %d
int	%d	%d
short int	%hd	%hd %d
long int	%ld	%ld
unsigned int	%u %o %x	%u %o %x
unsigned short int	%hu	%hu
unsigned long int	%lu	%lu
float	%f	%f %g
double	%lf	%f %g

Argomenti sulla linea di comando

Il modello "console"



Argomenti sulla linea di comando

- In C, è possibile passare informazioni ad un programma specificando degli argomenti sulla linea di comando

- Esempio:

```
C:\> myprog <arg1> <arg2> ... <argN>
```

- Comuni in molti comandi "interattivi"

- Esempio: MS-DOS

```
C:\> copy file1.txt dest.txt
```

- Automaticamente memorizzati negli argomenti del `main()`

Argomenti del `main()`

- **Prototipo:**

```
main (int argc, char* argv[])
```

- `argc`: Numero di argomenti specificati
 - Esiste sempre almeno un argomento (il nome del programma)
- `argv`: Vettore di stringhe
 - `argv[0]` = primo argomento
 - `argv[i]` = generico argomento
 - `argv[argc-1]` = ultimo argomento

Esempi

```
C:\progr>quadrato
```

➤ Numero argomenti = 0

```
C:\progr>quadrato 5
```

➤ Numero argomenti = 1
➤ Argomento 1 = "5"

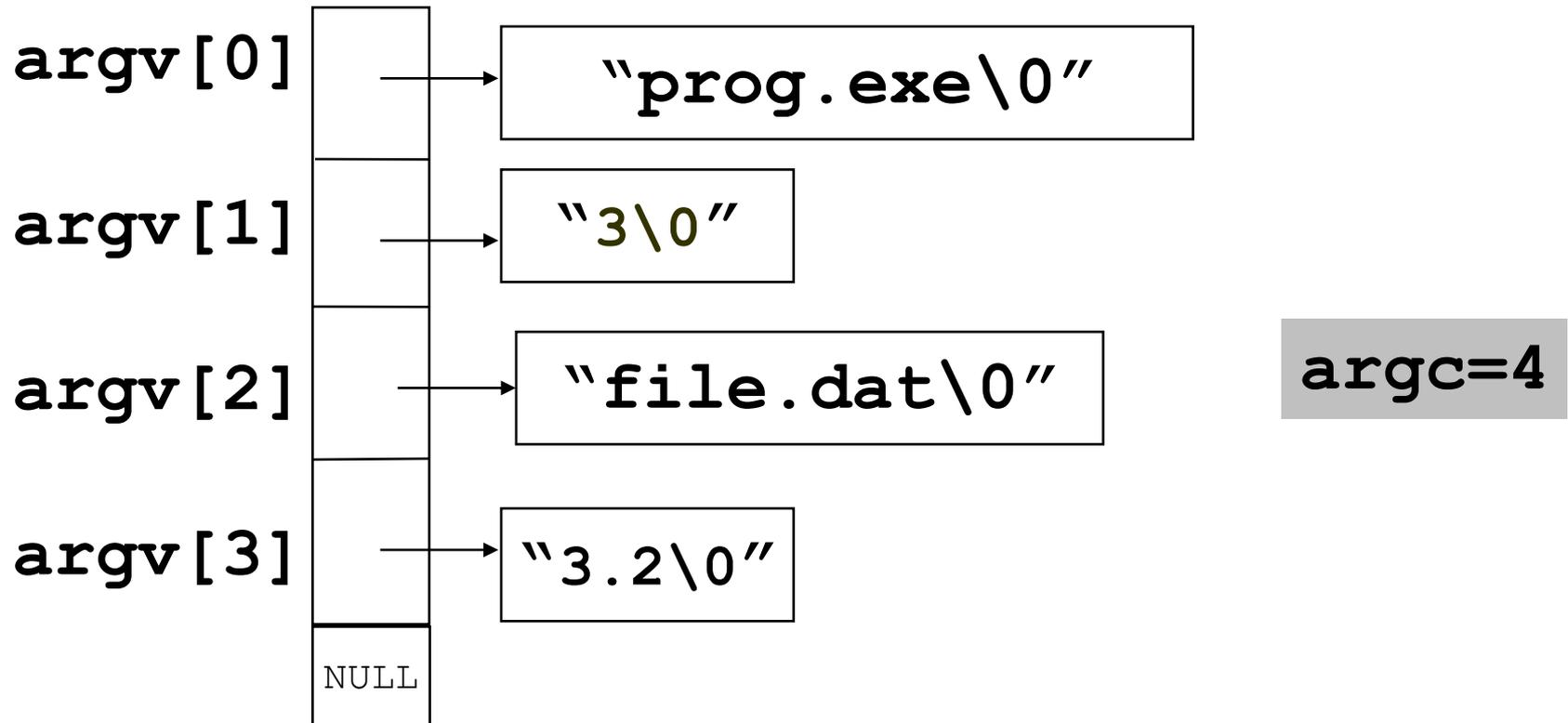
```
C:\progr>quadrato 5 K
```

➤ Numero argomenti = 2
➤ Argomento 1 = "5"
➤ Argomento 2 = "K"

argc e argv

- Struttura:

- Esempio: `c:\> prog.exe 3 file.dat 3.2`



argc e argv (Cont.)

- Ciclo per l'elaborazione degli argomenti

```
for (i=0; i<argc; i++) {  
    /*  
        elabora argv[i] come stringa  
    */  
}
```

- **NOTA:**

- Qualunque sia la natura dell'argomento, è sempre una stringa
- Necessario quindi uno strumento per "convertire" in modo efficiente stringhe in tipi numerici

Conversione degli argomenti

- Il C mette a disposizione tre funzioni per la conversione di una stringa in valori numerici

```
int atoi(char *s);  
long atol(char *s);  
double atof(char *s);
```

- Esempio:

```
int x = atoi("2") ; // x=2  
long y = atol("23L"); // y=23  
double z = atof("2.35e-2"); // z=0.0235
```

- Definite in `stdlib.h`

atoi, atof, atol: esempi

```
char line[80] ;  
int x ;  
  
gets(line) ;  
x = atoi(line) ;
```

```
char line[80] ;  
float x ;  
  
gets(line) ;  
x = atof(line) ;
```

```
char line[80] ;  
long int x ;  
  
gets(line) ;  
x = atol(line) ;
```

```
char line[80] ;  
double x ;  
  
gets(line) ;  
x = atof(line) ;
```

Conversione degli argomenti (Cont.)

- NOTA: Si assume che la stringa rappresenti l'equivalente di un valore numerico:
 - cifre, '+' , '-' per interi
 - cifre, '+' , '-' , 'l' , 'L' per long
 - cifre, '+' , '-' , 'e' , 'E' , '.' per reali
- In caso di conversione errata o non possibile le funzioni restituiscono il valore 0
 - Necessario in certi casi controllare il valore della conversione!
- NOTA: Importante controllare il valore di ogni `argv[i]`!

Conversione degli argomenti (Cont.)

- Esempio:

Programma C che prevede due argomenti sulla linea di comando:

- Primo argomento: Un intero
- Secondo argomento: Una stringa

- Schema:

```
int x;  
char s[80];  
x = atoi(argv[1]);  
strcpy(s, argv[2]);    /* s=argv[2] è errato! */
```

Programmi e opzioni

- Alcuni argomenti sulla linea di comando indicano tipicamente delle modalità di funzionamento "alternative" di un programma
- Queste "opzioni" (dette **flag** o **switch**) sono convenzionalmente specificate come

– <**carattere**>

per distinguerle dagli argomenti veri e propri

- Esempio

```
C:\> myprog -x -u file.txt  
          opzioni  argomento
```

La funzione `exit`

- Esiste inoltre la funzione di libreria `exit`, dichiarata in `<stdlib.h>`, che:
 - Interrompe l'esecuzione del programma
 - Ritorna il valore specificato
- Il vantaggio rispetto all'istruzione `return` è che può essere usata all'interno di qualsiasi funzione, non solo del `main`

```
void exit(int value) ;
```

Esercizio 1

- Scrivere un programma che legga sulla linea di comando due interi N e D , e stampi tutti i numeri minori o uguali ad N divisibili per D

Esercizio 1: Soluzione

```
#include <stdio.h>
main(int argc, char* argv[]) {
    int N, D, i;
    if (argc != 3) {
        fprintf(stderr, "Numero argomenti non valido\n");
        return 1;
    }
    if (argv[1] != NULL) N = atoi(argv[1]);
    if (argv[2] != NULL) D = atoi(argv[2]);

    for (i=1; i<=N; i++) {
        if ((i % D) == 0) {
            printf("%d\n", i);
        }
    }
}
```

Altrimenti le operazioni successive operano su stringhe = NULL

Esercizio 2

- Scrivere un programma `m2m` che legga da input un testo e converta tutte le lettere maiuscole in minuscole e viceversa, a seconda dei flag specificati sulla linea di comando

`-l, -L` conversione in minuscolo

`-u, -U` conversione in maiuscolo

Un ulteriore flag `-h` permette di stampare un help

- Utilizzo:

`m2m -l`

`m2m -L`

`m2m -u`

`m2m -U`

`m2m -h`

Esercizio 2: Soluzione

```
#include <stdio.h>

main(int argc, char* argv[]) {
    int lowercase = 0, uppercase = 0;

    for (i=1; i<argc; i++)
    {
        switch (argv[i][1]) {
            case 'l':
            case 'L':
                lowercase = 1;
                break;
            case 'u':
            case 'U':
                uppercase = 1;
                break;
            case 'h':
                printf("Uso: m2m [-luh]\n");
        }
    }
    ...
}
```

Esercizio 3

- Scrivere un frammento di codice che gestisca gli argomenti sulla linea di comando per un programma `TEST.EXE` il cui comando ha la seguente sintassi:

`TEST.EXE [-a] [-b] <nome file>`

- I flag `-a` e `-b` sono opzionali (e possono essere in un ordine qualunque)
- L'ultimo argomento (`<nome file>`) è obbligatorio (ed è sempre l'ultimo)

- Esempi validi di invocazione:

`TEST.EXE <nome file>`

`TEST.EXE -a <nome file>`

`TEST.EXE -b <nome file>`

`TEST.EXE -a -b <nome file>`

`TEST.EXE -b -a <nome file>`

Esercizio 3: Soluzione

```
main(int argc, char* argv[]) {
    int i, aflag=0, bflag=0;
    char filename[80];

    if (argc >= 2) { /* almeno due argomenti */
        /* copiamo in una stringa, verra' aperto dopo */
        strcpy (filename, argv[argc-1]);

        /* processiamo gli altri (eventuali argomenti) */
        for (i=1; i<= argc-1; i++) {
            if (argv[i][0] == '-') { /* e' un flag */
                switch (argv[i][1]) {
                    case 'a':
                        aflag = 1; break;
                    case 'b':
                        bflag = 1; break;
                    default:
                        fprintf(stderr, "Opzione non corretta.\n");
                }
            }
        }
    }
}
```

Esercizio 3: Soluzione (Cont.)

```
    }
    else {
        /* Non e' un flag. Esce dal programma */
        fprintf(stderr, "Errore di sintassi.\n");
        return;
    }
}
else {
    /* sintassi errata. Esce dal programma */
    fprintf(stderr, "Errore di sintassi.\n");
    return;
}
}
```

Settimana n.10

Obiettivi

- Strutture
- Vettori di strutture

Contenuti

- Struct. Operatore "."
- Definizione vettori di struct
- Definizione di struct contenenti vettori (es. stringhe)

Tipi aggregati

Tipi aggregati

- In C, è possibile definire dati composti da elementi eterogenei (detti *record*), aggregandoli in una singola variabile
 - Individuata dalla keyword `struct`
- Sintassi (definizione di tipo):

```
struct <identificatore> {  
    campi  
};
```

I campi sono nel formato:

```
<tipo> <nome campo>;
```

Tipi aggregati: esempio

studente

cognome: Rossi	
nome: Mario	
matricola: 123456	media: 27.25

struct

- Una definizione di `struct` equivale ad una definizione di tipo
- Successivamente, una struttura può essere usata come un tipo per dichiarare variabili
- Esempio:

```
struct complex {  
    double re;  
    double im;  
}  
...  
struct complex num1, num2;
```

struct: Esempi

```
struct complex {  
    double re;  
    double im;  
}
```

```
struct identity {  
    char nome[30];  
    char cognome[30];  
    char codicefiscale[15];  
    int altezza;  
    char statocivile;  
}
```

Accesso ai campi di una struct

- Una struttura permette di accedere ai singoli campi tramite l'operatore ``.``, applicato a variabili del corrispondente tipo `struct`

<variabile> . <campo>

- Esempio:

```
struct complex {  
    double re;  
    double im;  
}
```

...

```
struct complex num1, num2;  
num1.re = 0.33; num1.im = -0.43943;  
num2.re = -0.133; num2.im = -0.49;
```

Definizione di struct come tipo

- E' possibile definire un nuovo tipo a partire da una `struct` tramite la direttiva `typedef`
 - Passabile come parametro
 - Indicizzabile in vettori

- Sintassi:

```
typedef <tipo> <nome nuovo tipo>;
```

- Esempio:

```
typedef struct complex {  
    double re;  
    double im;  
} compl;  
                                → compl z1, z2;
```

Definizione di struct come tipo (Cont.)

- Passaggio di struct come argomenti

```
int f1 (compl z1, compl z2)
```

- struct come risultato di funzioni

```
compl f2 (.....)
```

- Vettore di struct

```
compl lista[10];
```

- Nota:

La direttiva `typedef` è applicabile anche non alle strutture per definire nuovi tipi

- Esempio: `typedef unsigned char BIT8;`

Operazioni su struct

- Confronto:

- Non è possibile confrontare due variabili dello stesso tipo di `struct` usando il loro nome

- Esempio:

```
comp1 s1, s2 ➔ s1==s2  o  s1!=s2  è un errore di sintassi
```

- Il confronto deve avvenire confrontando i campi uno ad uno

- Esempio:

```
comp1 s1, s2 ➔ (s1.re == s2.re) && (s1.im == s2.im)
```

- Inizializzazione:

- Come per i vettori, tramite una lista di valori tra `{ }`

- Esempio:

```
comp1 s1 = {0.1213, 2.655};
```

- L'associazione è posizionale: In caso di valori mancanti, questi vengono inizializzati a:

- 0, per valori “numerici”
- NULL per puntatori

Esercizio 1

- Data la seguente `struct`:

```
struct stud {  
    char nome[40];  
    unsigned int matricola;  
    unsigned int voto;  
}
```

- Si definisca un corrispondente tipo `studente`
- Si scriva un `main()` che allochi un vettore di 10 elementi e che invochi la funzione descritta di seguito
- Si scriva una funzione `ContaInsufficienti()` che riceva come argomento il vettore sopracitato e ritorni il numero di studenti che sono insufficienti

Esercizio 1: Soluzione

```
#include <stdio.h>

#define NSTUD 10

typedef struct stud {
    char nome[40];
    unsigned int matricola;
    unsigned int voto;
} studente;

int ContaInsufficienti(studente vett[], int dim); /*
    prototipo */
```

Esercizio 1: Soluzione (Cont.)

```
main()
{
    int i, NumIns;
    studente Lista[NSTUD];

    /* assumiamo che il programma riempia
       con valori opportuni la lista */

    NumIns = ContaInsufficienti(Lista, NSTUD);
    printf("Il numero di insufficienti e': %d.\n", NumIns);
}

int ContaInsufficienti(studente s[], int numstud)
{
    int i, n=0;

    for (i=0; i<numstud; i++) {
        if (s[i].voto < 18)
            n++;
    }
    return n;
}
```

Esercizio 2

- Data una `struct` che rappresenta un punto nel piano cartesiano a due dimensioni:

```
struct point {  
    double x;  
    double y;  
};
```

ed il relativo tipo `typedef struct point Point`; scrivere le seguenti funzioni che operano su oggetti di tipo `Point`:

- `double DistanzaDaOrigine (Point p);`
- `double Distanza (Point p1, Point p2);`
- `int Quadrante (Point p); /* in quale quadrante */`
- `int Allineati(Point p1, Point p2, Point p3);`
`/* se sono allineati */`
- `int Insterseca(Point p1, Point p2);`
`/* se il segmento che ha per estremi p1 e p2`
`interseca un qualunque asse*/`

Esercizio 2: Soluzione

```
double DistanzaDaOrigine (Point p)
{
    return sqrt(p.x*p.x + p.y*p.y);
}
```

```
double Distanza (Point p1, Point p2)
{
    return sqrt((p1.x-p2.x)*(p1.x-p2.x) +
                (p1.y-p2.y)*(p1.y-p2.y));
}
```

```
int Quadrante (Point p)
{
    if (p.x >= 0 && p.y >= 0) return 1;
    if (p.x <= 0 && p.y >= 0) return 2;
    if (p.x <= 0 && p.y <= 0) return 3;
    if (p.x >= 0 && p.y <= 0) return 4;
}
```

Esercizio 2: Soluzione (Cont.)

```
int Allineati (Point p1, Point p2, Point p3)
{
    double r1, r2;
    /* verificiamo che il rapporto tra y e x
       delle due coppie di punti sia identico */
    r1 = (p2.y-p1.y)/(p2.x-p1.x);
    r2 = (p3.y-p2.y)/(p3.x-p2.x);
    if (r1 == r2)
        return 1;
    else
        return 0;
}

int Interseca(Point p1, Point p2)
{
    /* verificiamo se sono in quadranti diversi */
    if (Quadrante(p1) == Quadrante(p2))
        return 0;
    else
        return 1;
}
```

Settimana n.11

Obiettivi

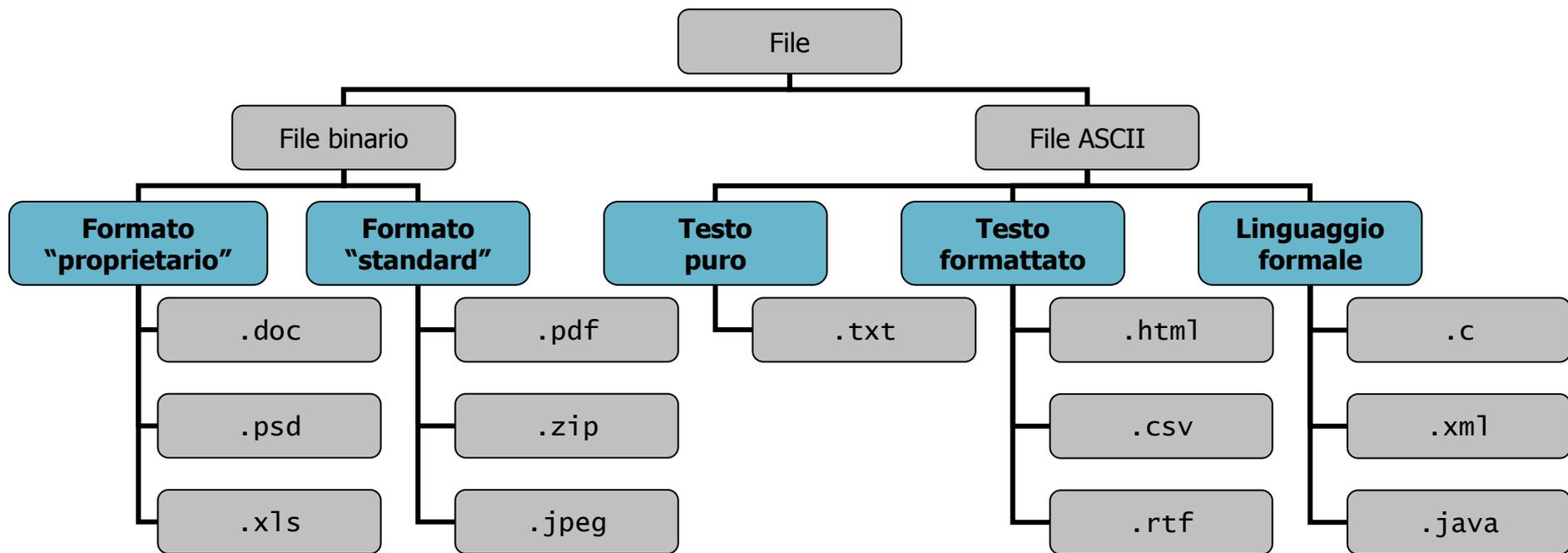
- File di testo

Contenuti

- Concetto di file e funzioni fopen/fclose
- Funzioni fgets+sscanf
- Approfondimenti su printf e scanf

Files

Vista d'insieme dei formati di file

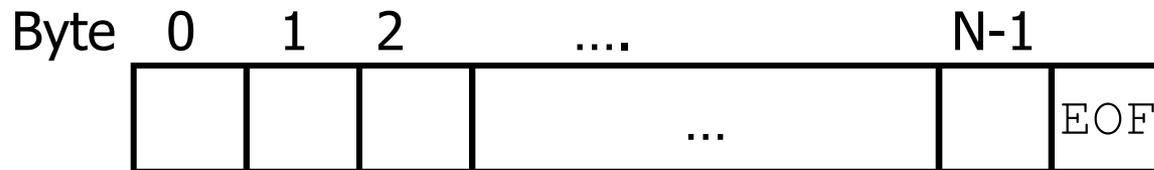


File sequenziali

- Il modo più comune per realizzare I/O da file consiste nell'utilizzo del cosiddetto accesso *bufferizzato*
 - Informazioni prelevate dal file attraverso una memoria interna al sistema (detta *buffer*)
- Vantaggi:
 - Livello di astrazione più elevato
 - Possibilità di I/O formattato
- I/O non bufferizzato:
 - Accesso diretto a livello binario un carattere per volta

File sequenziali (Cont.)

- Il C vede i file come un *flusso (stream) sequenziale di byte*
 - **Nessuna struttura particolare:**
La strutturazione del contenuto è a carico del programmatore
 - Carattere terminatore alla fine del file: EOF



- **NOTA:** L'accesso sequenziale implica l'impossibilità di:
 - Leggere all'indietro
 - Saltare ad uno specifico punto del file

File sequenziali (Cont.)

- Accesso tramite una variabile di tipo `FILE*`

- Definita in `stdio.h`

- Dichiarazione:

```
FILE* <file>;
```

`FILE*` contiene un insieme di variabili che permettono l'accesso per "tipi"

- Al momento dell'attivazione di un programma vengono automaticamente attivati tre file:

- `stdin`
- `stdout`
- `stderr`

File sequenziali (Cont.)

- La struttura dati `FILE` contiene vari campi:

```
- short          level;      /* Fill/empty level of buffer */
- unsigned       flags;     /* File status flags           */
- char           fd;        /* File descriptor             */
- unsigned char  hold;      /* Ungetc char if no buffer    */
- short          bsize;     /* Buffer size                  */
- unsigned char  *buffer;   /* Data transfer buffer        */
- unsigned char  *curp;     /* Current active pointer      */
- unsigned       istemp;    /* Temporary file indicator    */
- short          token;     /* Used for validity checking  */
```

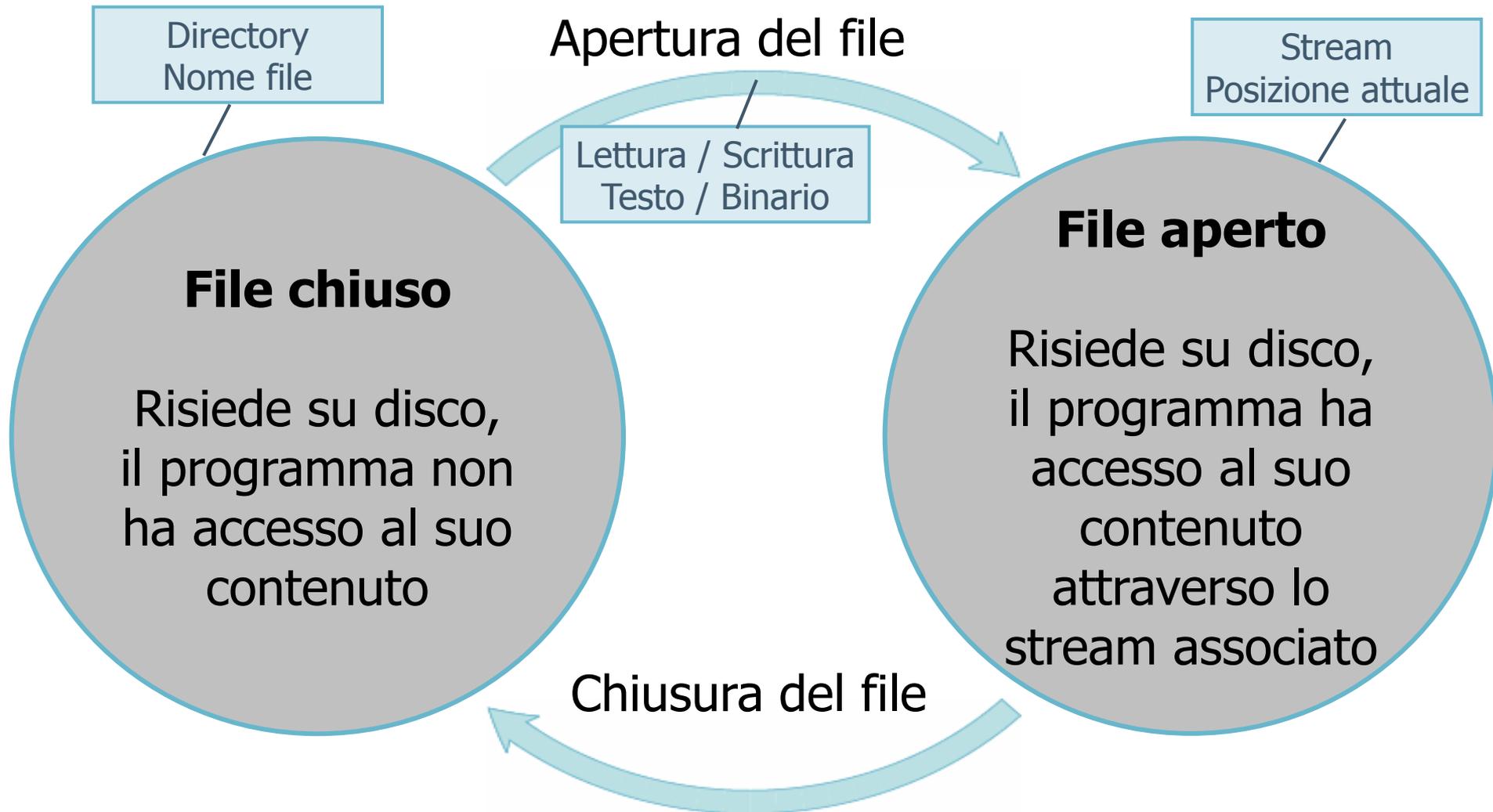
File sequenziali (Cont.)

- `stdin` è automaticamente associato allo standard input (tastiera)
- `stdout` e `stderr` sono automaticamente associati allo standard output (video)
- `stdin`, `stdout`, `stderr` sono direttamente utilizzabili nelle istruzioni per l'accesso a file
 - In altre parole, sono delle variabili predefinite di tipo **FILE***

File: Operazioni

- L'uso di un file passa attraverso tre fasi fondamentali
 - **Apertura del file**
 - **Accesso al file**
 - **Chiusura del file**
- Prima di aprire un file occorre dichiararlo!

Stati di un file



Apertura di un file

- Per accedere ad un file è necessario aprirlo:
 - Apertura:
Connessione di un file fisico (su disco) ad un file logico (interno al programma)
- Funzione:

```
FILE* fopen(char* <nomefile>, char* <modo>);
```

<**nomefile**>: Nome del file fisico

Apertura di un file (Cont.)

- **<modo>**: Tipo di accesso al file
 - "r" : sola lettura
 - "w" : sola scrittura (cancella il file se esiste)
 - "a" : *append* (aggiunge in coda ad un file)
 - "r+" : lettura/scrittura su file esistente
 - "w+" : lettura/scrittura su nuovo file
 - "a+" : lettura/scrittura in coda o su nuovo file

- Ritorna:
 - Il puntatore al file in caso di successo
 - NULL in caso di errore

Chiusura di un file

- Quando l'utilizzo del file fisico è terminato, è consigliabile chiudere il file:
 - Chiusura:
Cancellazione della connessione di un file fisico (su disco) ad un file logico (interno al programma)

- Funzione:

```
int fclose(FILE* <file>);
```

<**file**>: File aperto in precedenza con `fopen()`

- Ritorna:
 - 0 se l'operazione si chiude correttamente
 - EOF in caso di errore

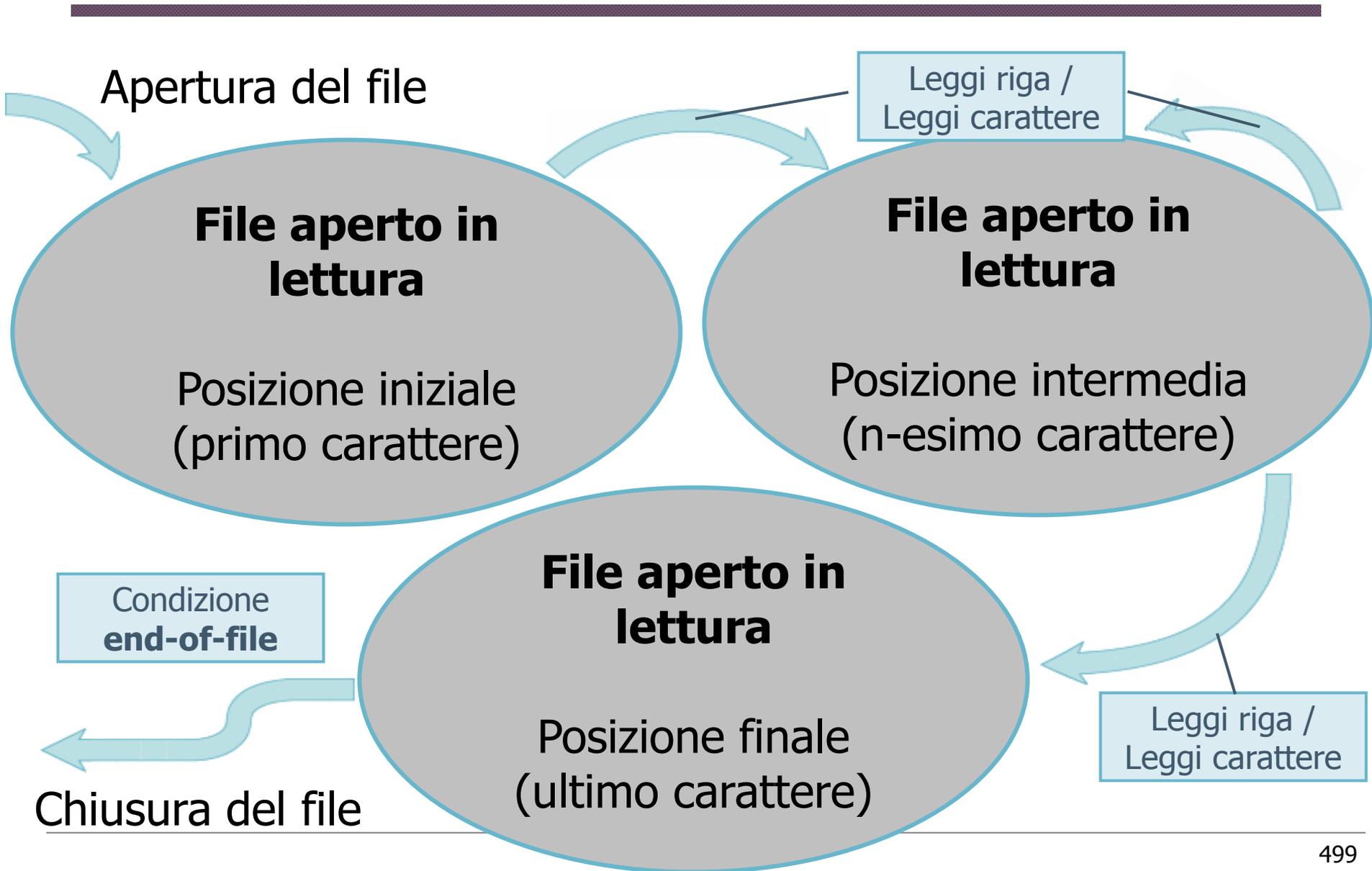
Apertura e chiusura di un file: Esempio

```
FILE *fp;    /* variabile di tipo file */
...

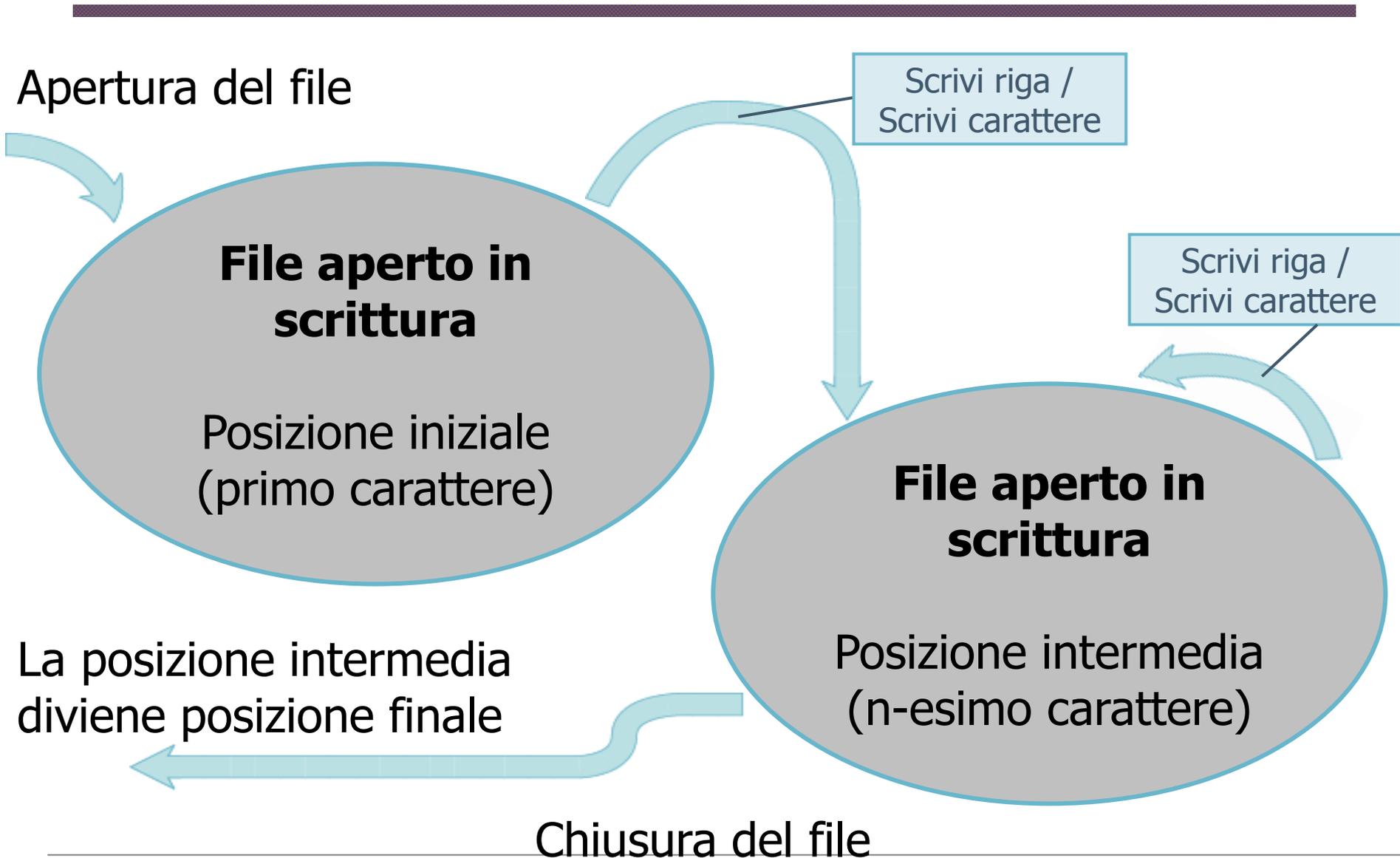
/* apro file 'testo.dat' in lettura */
fp = fopen("testo.dat", "r");

if (fp == NULL)
    printf("Errore nell'apertura\n");
else
{
    /* qui posso accedere a 'testo.dat' usando fp */
}
...
fclose(fp);
```

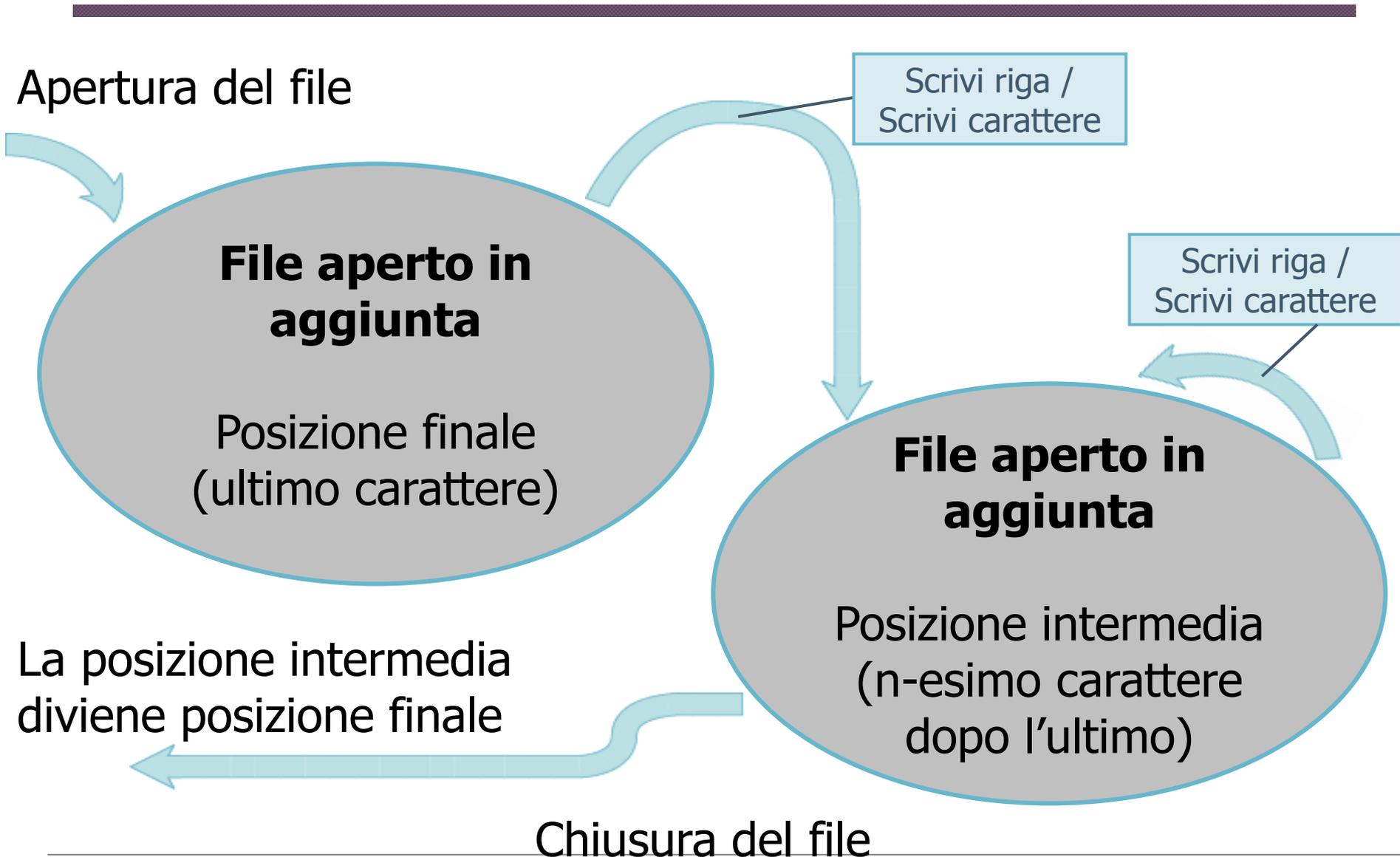
Lettura di un file



Scrittura di un file



Aggiunta ad un file



Lettura a caratteri

- Lettura:

- `int getc (FILE* <file>);`

- `int fgetc (FILE* <file>);`

- Legge un carattere alla volta dal file

- Restituisce il carattere letto o `EOF` in caso di fine file o errore

- **NOTA:** `getchar()` equivale a `getc(stdin)`

Scrittura a caratteri

- **Scrittura:**

- `int putc (int c, FILE* <file>);`

- `int fputc (int c, FILE* <file>);`

- Scrive un carattere alla volta nel file
 - Restituisce il carattere scritto o EOF in caso di errore

- **NOTA:** `putchar(...)` equivale a `putc(..., stdout)`

Lettura a righe

- Lettura:

```
char* fgets(char* <s>, int <n>, FILE* <file>);
```

- Legge una stringa dal file fermandosi al più dopo n-1 caratteri
- L'eventuale '\n' NON viene eliminato (diverso da `gets` !)
- Restituisce il puntatore alla stringa letta o `NULL` in caso di fine file o errore

- **NOTA:** `gets(...)` "equivale" a `fgets(..., stdin)`

Scrittura a righe

- **Scrittura:**

```
int fputs(char* <s>, FILE* <file>);
```

- Scrive la stringa <**s**> nel senza aggiungere '\n' (diverso da `puts` !)
- Restituisce l'ultimo carattere scritto, oppure EOF in caso di errore

- **NOTA:** `puts(...)` "equivale" a `fputs(..., stdout)`

Letture formattata

- Lettura:

```
int fscanf(FILE* <file>, char* <formato>, ...);
```

- Come `scanf()`, con un parametro addizionale che rappresenta un file
- Restituisce il numero di campi convertiti, oppure `EOF` in caso di fine file

- **NOTA:** `scanf(...)` “equivale” a `fscanf(stdin, ...)`

Scrittura formattata

- **Scrittura:**

```
int fprintf(FILE* <file>, char* <formato>, ...);
```

- Come `printf()`, con un parametro aggiuntivo che rappresenta un file
- Restituisce il numero di byte scritti, oppure `EOF` in caso di errore

- **NOTA:** `printf(...)` “equivale” a `fprintf(stdout, ...)`

Altre funzioni

- `FILE* freopen(char* <nomefile>, char* <modo>);`
 - Come `fopen`, ma si applica ad un file già esistente
 - Restituisce il puntatore al file oppure `NULL`
- `int fflush(FILE* <file>);`
 - “Cancella” il contenuto di un file
 - Restituisce 0 se termina correttamente oppure `EOF`
- `int feof(FILE* <file>);`
 - Restituisce falso (0) se il puntatore NON è posizionato alla fine del file
 - Restituisce vero (!0) se il puntatore è posizionato alla fine del file

Posizionamento in un file

- Ad ogni file è associato un buffer ed un “puntatore” all’interno di questo buffer
- La posizione del puntatore può essere manipolata con alcune funzioni

- Più utile:

```
void rewind (FILE* <file>)
```

- Posiziona il puntatore all’inizio del file
- Utile per “ripartire” dall’inizio nella scansione di un file

Schema generale di lettura da file

```
leggi un dato dal file;  
finchè (non è finito il file)  
{  
    elabora il dato;  
    leggi un dato dal file;  
}
```

- La condizione “non è finito il file” può essere realizzata in vari modi:
 - Usando i valori restituiti dalle funzioni di input (consigliato)
 - Usando la funzione `feof()`

Esempio 1

- Lettura di un file formattato (esempio: Un intero per riga)
 - Uso dei valori restituiti dalle funzioni di input (`fscanf`)

```
res = fscanf (fp, "%d", &val);  
while (res != EOF)  
{  
    elabora val;  
    res = fscanf (fp, "%d", &val);  
}
```

Esempio 1 (Cont.)

- Versione “compatta” senza memorizzare il risultato di `fscanf()`
 - Usiamo `fscanf()` direttamente nella condizione di fine input

```
while (fscanf (fp, "%d", &val) != EOF)
{
    elabora val;
}
```

Esempio 2

- Lettura di un file formattato (esempio: Un intero per riga)
 - Uso di `feof()`

```
fscanf (fp, "%d", &val);  
while (!feof(fp))  
{  
    elabora val;  
    fscanf (fp, "%d", &val);  
}
```

Esempio 3

- Lettura di un file non formattato

- Uso dei valori restituiti dalle funzioni di input (`getc`)

```
c = getc(fp);  
while (c != EOF)  
{  
    elabora c;  
    c = getc(fp);  
}
```

Versione 1

```
while ((c=getc(fp)) != EOF)  
{  
    elabora c;  
}
```

Versione 2

Esempio 4

- Lettura di un file non formattato

- Uso dei valori restituiti dalle funzioni di input (`fgets`)

```
s = fgets(s, 80, fp);  
while (s != NULL)  
{  
    elabora s;  
    s = fgets(s, 80, fp);  
}
```

Versione 1

```
while ((s = fgets(s, 80, fp)) != NULL)  
{  
    elabora s;  
}
```

Versione 2

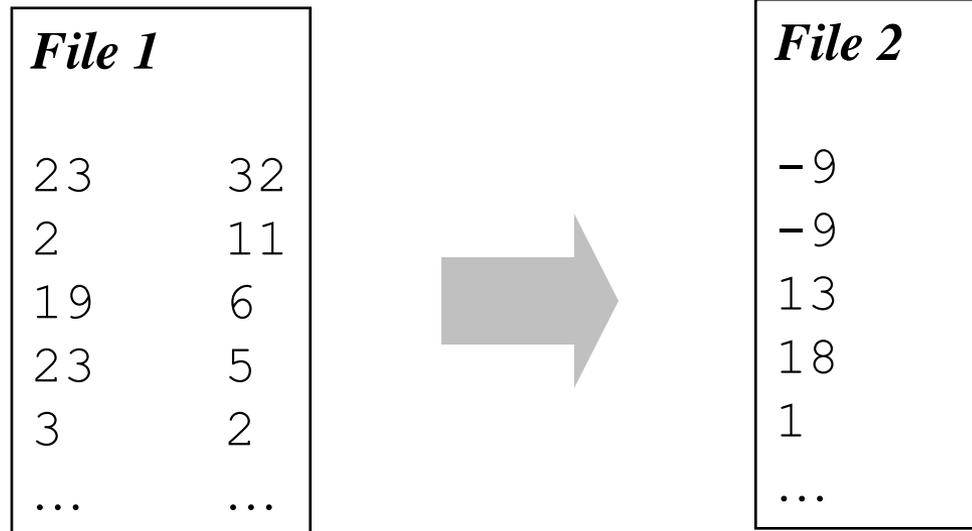
Lettura di un file: fgets + sscanf

- Lettura di un file formattato in cui ogni riga abbia un dato numero di campi di tipo noto (esempio un intero, ed una stringa)
 - Uso di `fgets` per leggere la riga, e di `sscanf` per leggere i campi

```
while ((s = fgets(s, 80, fp)) != NULL)
{
    sscanf( s, "%d %s", &intero, stringa );
}
```

Esercizio

- Leggere un file "estremi.dat" contenente coppie di numeri interi (x,y), una per riga e scrivere un secondo file "diff.dat" che contenga le differenze x-y, una per riga
- Esempio:



Esercizio: Soluzione

```
#include <stdio.h>

main() {
    FILE *fpin, *fpout;
    int x,y;
    /* apertura del primo file */
    if ((fpin = fopen("estremi.dat","r")) == NULL)
    {
        fprintf(stderr,"Errore nell'apertura\n");
        return 1;
    }
}
```

Esercizio: Soluzione (Cont.)

```
/* apertura del secondo file */
if ((fpout = fopen("diff.dat","w")) == NULL)
{
    fprintf(stderr,"Errore nell'apertura\n");
    return 1;
}
/* input */
while (fscanf(fpin,"%d %d",&x,&y) != EOF)
{
    /* ora ho a disposizione x e y */
    fprintf(fpout,"%d\n",x-y);
}
fclose (fpin);
fclose (fpout);
}
```

Avvertenza

- In generale, è errato tentare di memorizzare il contenuto di un file in un vettore
 - La dimensione (numero di righe o di dati) di un file non è quasi mai nota a priori
 - Se la dimensione è nota, tipicamente è molto grande!

Formattazione dell'output

- L'output (su schermo o su file) viene formattato solitamente mediante la funzione `printf` (o `fprintf`)
- Ogni dato viene stampato attraverso un opportuno specificatore di formato (codici %)
- Ciascuno di questi codici dispone di ulteriori opzioni per meglio controllare la formattazione
 - Stampa incolonnata
 - Numero di cifre decimali
 - Spazi di riempimento
 - ...

Specificatori di formato

Tipo	printf
char	%c %d
int	%d
short int	%hd %d
long int	%ld
unsigned int	%u %o %x
unsigned short int	%hu
unsigned long int	%lu
float	%f %e %g
double	%f %e %g
char []	%s

Esempi

Istruzione	Risultato
<code>printf("%d", 13) ;</code>	13
<code>printf("%1d", 13) ;</code>	13
<code>printf("%3d", 13) ;</code>	13
<code>printf("%f", 13.14) ;</code>	13.140000
<code>printf("%6f", 13.14) ;</code>	13.140000
<code>printf("%12f", 13.14) ;</code>	13.140000
<code>printf("%6s", "ciao") ;</code>	ciao

Esempi (Cont.)

Istruzione	Risultato
<code>printf("%.1d", 13) ;</code>	13
<code>printf("%.4d", 13) ;</code>	0013
<code>printf("%6.4d", 13) ;</code>	__0013
<code>printf("%4.6d", 13) ;</code>	000013
<code>printf("%.2s", "ciao") ;</code>	ci
<code>printf("%.6s", "ciao") ;</code>	ciao
<code>printf("%6.3s", "ciao") ;</code>	___cia

Esempi (Cont.)

Istruzione	Risultato
<code>printf("%.2f", 13.14) ;</code>	13.14
<code>printf("%.4f", 13.14) ;</code>	13.1400
<code>printf("%6.4f", 13.14) ;</code>	13.1400
<code>printf("%9.4f", 13.14) ;</code>	13.1400

Esempi (Cont.)

Istruzione	Risultato
<code>printf("%6d", 13) ;</code>	13
<code>printf("%-6d", 13) ;</code>	13
<code>printf("%06d", 13) ;</code>	000013
<code>printf("%6s", "ciao") ;</code>	ciao
<code>printf("%-6s", "ciao") ;</code>	ciao

Esempi (Cont.)

Istruzione	Risultato
<code>printf("%d", 13) ;</code>	13
<code>printf("%d", -13) ;</code>	-13
<code>printf("%+d", 13) ;</code>	+13
<code>printf("%+d", -13) ;</code>	-13
<code>printf("% d", 13) ;</code>	␣13
<code>printf("% d", -13) ;</code>	-13

Approfondimenti su scanf

- Tipologie di caratteri nella stringa di formato
- Modificatori degli specificatori di formato
- Valore di ritorno
- Specificatore %[]

Stringa di formato (1/2)

- Caratteri stampabili:
 - scanf si aspetta che tali caratteri compaiano esattamente nell'input
 - Se no, interrompe la lettura
- Spaziatura ("whitespace"):
 - Spazio, tab, a capo
 - scanf "salta" ogni (eventuale) sequenza di caratteri di spaziatura
 - Si ferma al primo carattere non di spaziatura (o End-of-File)

Stringa di formato (2/2)

- Specificatori di formato (%-codice):
 - Se il codice non è %c, innanzitutto scanf "salta" ogni eventuale sequenza di caratteri di spaziatura
 - scanf legge i caratteri successivi e *cerca* di convertirli secondo il formato specificato
 - La lettura si interrompe al primo carattere che non può essere interpretato come parte del campo

Specificatori di formato

Tipo	scanf
char	%c
int	%d
short int	%hd
long int	%ld
unsigned int	%u %o %x
unsigned short int	%hu
unsigned long int	%lu
float	%f
double	%lf
char []	%s %[...]]

Esempi

Istruzione	Input	Risultato
<code>scanf("%d", &x) ;</code>	134xyz	x = 134
<code>scanf("%2d", &x) ;</code>	134xyz	x = 13
<code>scanf("%s", v) ;</code>	134xyz	v = "134xyz"
<code>scanf("%2s", v) ;</code>	134xyz	v = "13"

Esempi (Cont.)

Istruzione	Input	Risultato
<code>scanf("%d %s", &x, v) ;</code>	10 Pippo	x = 10 v = "Pippo"
<code>scanf("%s", v) ;</code>	10 Pippo	x immutato v = "10"
<code>scanf("%*d %s", v) ;</code>	10 Pippo	x immutato v = "Pippo"

Valore di ritorno

- La funzione `scanf` ritorna un valore intero:
 - Numero di elementi (%) effettivamente letti
 - Non conta quelli "saltati" con %*
 - Non conta quelli non letti perché l'input non conteneva i caratteri desiderati
 - Non conta quelli non letti perché l'input è finito troppo presto
 - End-of-File per `fscanf`
 - Fine stringa per `sscanf`
 - EOF se l'input era già in condizione End-of-File all'inizio della lettura

Letture di stringhe

- La lettura di stringhe avviene solitamente con lo specificatore di formato %s
 - Salta tutti i caratteri di spaziatura
 - Acquisisci tutti i caratteri seguenti, fermandosi al primo carattere di spaziatura (senza leggerlo)
- Qualora l'input dei separatori diversi da spazio, è possibile istruire scanf su quali siano i caratteri leciti, mediante lo specificatore %[*pattern*]

Esempi (Cont.)

Pattern	Effetto
<code>%[r]</code>	Legge solo sequenze di ' r '
<code>%[abcABC]</code>	Legge sequenze composte da a, b, c, A, B, C, in qualsiasi ordine e di qualsiasi lunghezza
<code>%[a-cA-C]</code>	Idem come sopra
<code>%[a-zA-Z]</code>	Sequenze di lettere alfabetiche
<code>%[0-9]</code>	Sequenze di cifre numeriche
<code>%[a-zA-Z0-9]</code>	Sequenze alfanumeriche
<code>%[^x]</code>	Qualunque sequenza che non contiene ' x '
<code>%[^\n]</code>	Legge fino a fine riga
<code>%[^\s]</code>	Si ferma alla punteggiatura o spazio

Settimana n.12

Obiettivi

- Comprensione degli operatori & e *

Contenuti

- Cenno ai puntatori
- Puntatori e vettori
- Puntatori e stringhe
- Cenno alla allocazione dinamica di un vettore

Puntatori

Puntatori

- Puntatori = Variabili che contengono indirizzi di memoria
 - Indirizzi = Indirizzi di una variabile (di qualche tipo)
- Definiti tramite l'operatore unario '*' posto accanto al nome della variabile
- Sintassi:
<tipo> '*' <identificatore>
- Per ogni tipo di variabile "puntata", esiste un "tipo" diverso di puntatore
 - Esempi:
`int x; ➡ int *px;`
`double y; ➡ double *py;`

Puntatori (Cont.)

- L'indirizzo di una variabile (da assegnare, per esempio, ad un puntatore) è determinabile tramite l'operatore unario '&' posto a fianco dell'identificatore della variabile

- Sintassi:

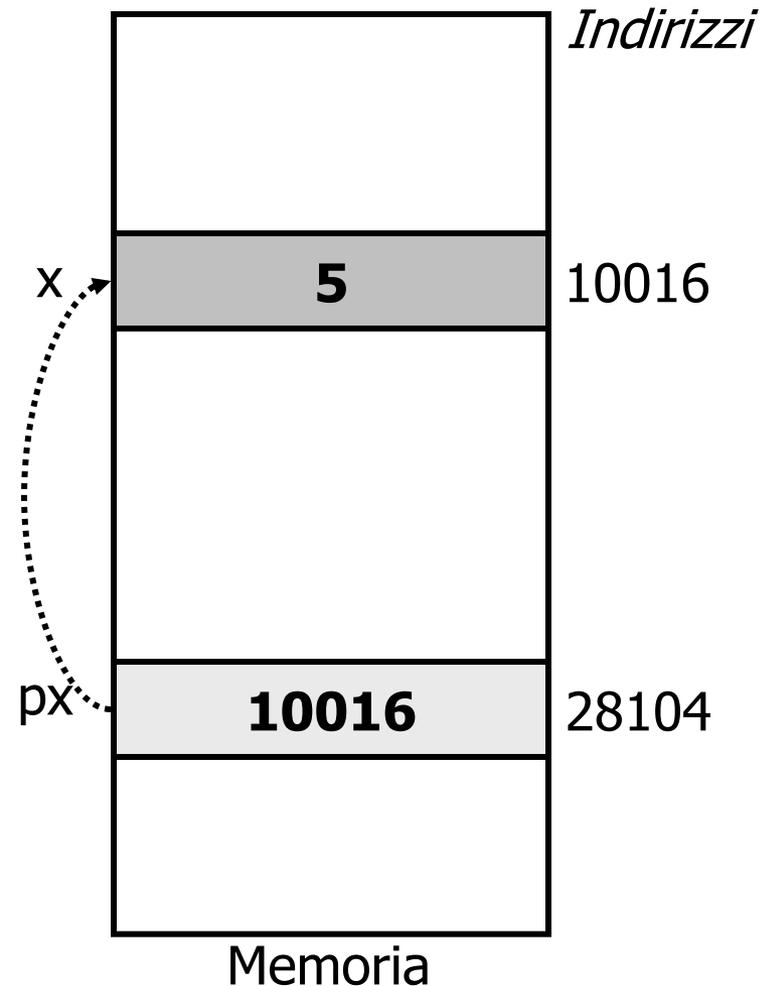
`'&' <identificatore>`

- Esempio:

```
int a, *ptr;  
ptr = &a;
```

Puntatori: Esempio

```
int x=5, *px;  
...  
px = &x;    /* px = indirizzo di x */  
  
printf("%d\n", x); --> 5  
printf("%d\n", px); --> 10016  
printf("%d\n", &x); --> 10016  
printf("%d\n", *px); --> 5  
  
/* x e *px sono la stessa cosa! */
```



Puntatori (Cont.)

- Gli operatori ‘*’ e ‘&’ sono l’uno l’inverso dell’altro
 - L’applicazione consecutiva in qualunque ordine ad un puntatore fornisce lo stesso risultato
 - Esempio:
`*&px` e `&*px` sono la stessa cosa!
- In termini di operatori:
 - ‘*’ = Operatore di *indirizione*
 - Opera su un indirizzo
 - Ritorna il valore contenuto in quell’indirizzo
 - ‘&’ = Operatore di *indirizzo*
 - Opera su una variabile
 - Ritorna l’indirizzo di una variabile
- Quindi:
 - * (&px) : Fornisce il contenuto della casella che contiene l’indirizzo di px
 - & (*px) : Fornisce l’indirizzo della variabile (*px) puntata da px

Puntatori (Cont.)

- Esempio:

```
main()
{
    int a, *aptr;
    a=7;
    aptr = &a;

    printf("l'indirizzo di a e' %p\n", &a);
    printf("il valore di aptr e' %p\n", aptr);

    printf("il valore di a e' %p\n", a);
    printf("il valore di *aptr e' %p\n", *aptr);

    printf("&*aptr = %p ----- *&aptr = %p\n",
           &*aptr, *&aptr);
}
```

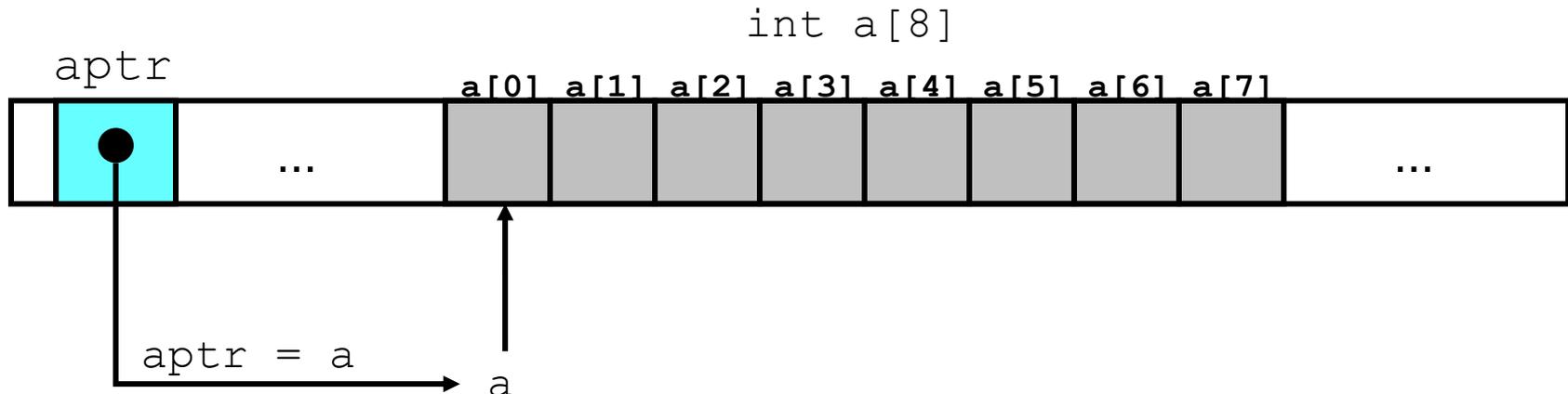
Puntatori e vettori

Puntatori e vettori

- La relazione tra puntatori e vettori in C è molto stretta
- Elemento di connessione:
 - Il nome di un vettore rappresenta un indirizzo
 - Indirizzo del primo elemento!
 - Esempio:

```
int a[8], *aptr;
```

 - L'assegnazione `aptr = a;` fa puntare `aptr` al primo elemento del vettore `a`



Puntatori e vettori: Analogie

- L' analogia tra puntatori e vettori si basa sul fatto che, dato un vettore `a[]`
`a[i]` e `*(aptr+i)` sono la stessa cosa
- Due modi per accedere al generico elemento del vettore:
 1. Usando l' array (tramite indice)
 2. Usando un puntatore (tramite scostamento o *offset*)

Interpretazione:

`aptr+i` = Indirizzo dell' elemento che si trova ad `i` posizioni dall' inizio

`*(aptr+i)` = Contenuto di tale elemento

Puntatori e vettori: Analogie (Cont.)

- E' possibile equivalentemente:

- Accedere al vettore tramite offset usando il nome del vettore

`*(a+i)`

- Accedere al vettore tramite indice usando il puntatore

`aptr[i]`

- Riassumendo:

- Dati `int a[], *aptr=a;` l'accesso al generico elemento `i` del vettore `a` può avvenire mediante:

`a[i]`

`*(a+i)`

`aptr[i]`

`*(aptr+i)`

Puntatori e vettori: Esempio

```
main()
{
    int b[] = {1,2,3,4};
    int *bptr = b;
    int i, offset;

    printf("== notazione indicizzata ==\n");
    for(i=0; i<4; i++) {
        printf("b[%d] = %d\n",i, b[i]);
    }
    printf("== notazione tramite offset e vettore ==\n");
    for(offset=0; offset<4; offset++) {
        printf("(b+%d) = %d\n",offset, *(b+offset));
    }
    printf("== notazione tramite indice e puntatore ==\n");
    for(i=0; i<4; i++) {
        printf("bptr[%d] = %d\n",i, bptr[i]);
    }
    printf("== notazione tramite offset e puntatore ==\n");
    for(offset=0; offset<4; offset++) {
        printf("(bptr+%d) = %d\n",offset, *(bptr+offset));
    }
}
```

Puntatori e vettori: Differenze

- Un puntatore è una variabile che può assumere valori differenti
- Il nome di un vettore è fisso e non può essere modificato

- Esempio:

```
int v[10], *vptr;
```

```
...
```

```
vptr = a;          /* OK */
```

```
vptr += 3;        /* OK */
```

```
v = vptr;         /* NO, v non si può modificare */
```

```
v += 3;           /* NO, v non si può modificare */
```

Puntatori e stringhe

Puntatori e stringhe

- Stringa = Vettore di `char` terminato da `'\0'`
- Differenza sostanziale nella definizione di una stringa come vettore o come puntatore
 - Esempio:

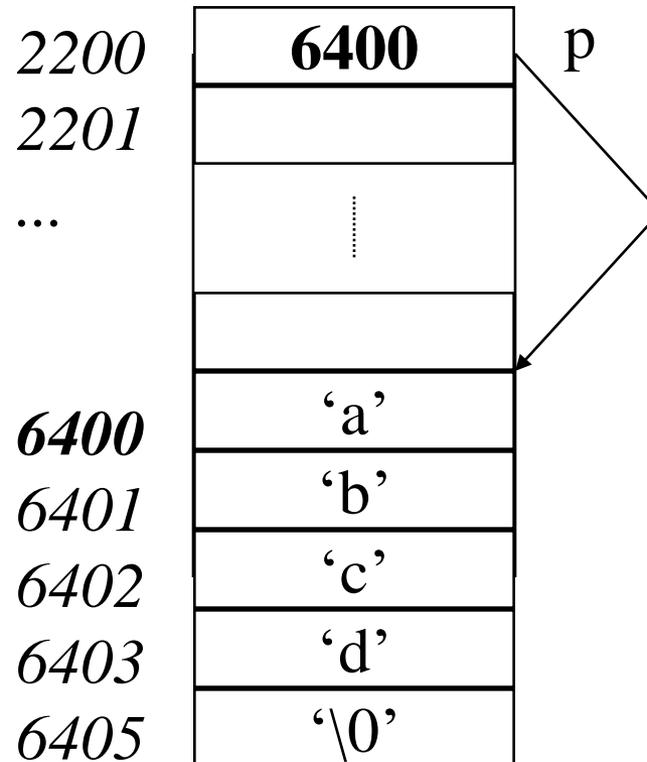
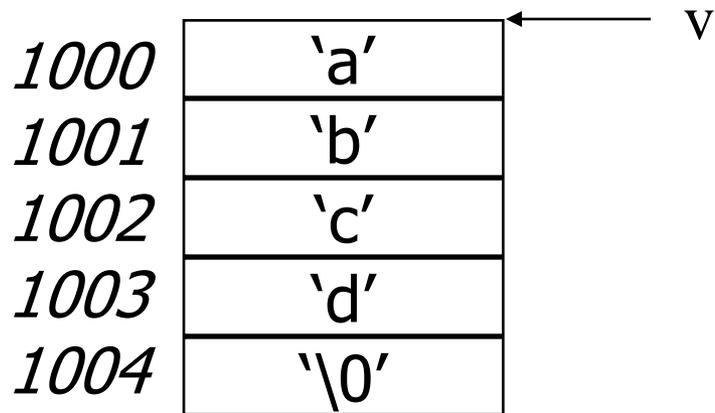
```
char v[] = "abcd";  
char *p = "abcd";
```

 - `v` è un vettore:
 - I caratteri che lo compongono possono cambiare
 - Si riferisce sempre alla stessa area di memoria
 - `p` è un puntatore:
 - Si riferisce ("punta") ad una stringa costante ("abcd")
 - Si può far puntare altrove (esempio: Scrivendo `p = ...`)
 - La modifica del contenuto di `p` ha risultato NON DEFINITO
 - Allocate in "zone" di memoria diverse!!!

Puntatori e stringhe: Esempio

```
char v[] = "abcd";
```

```
char *p = "abcd";
```



Puntatori e stringhe (Cont.)

- Utilizzando la relazione tra puntatori e vettori è possibile sfruttare appieno la libreria delle stringhe

- Esempio:

```
char* strchr (char* s, int c);  
  
/* Trova la prima occorrenza di c in s */  
  
char *p, *string = "stringa di prova";  
int n, i;  
if ((p=strchr(string,' ')) != NULL) {  
    /* ho trovato uno spazio, p punta al carattere spazio*/  
    printf("La stringa prima dello spazio e': ", );  
    n = p - string;  
    for (i=0; i<n; i++) putchar(string[i]);  
    putchar('\n');  
    printf("La stringa dopo lo spazio e': %s\n", p+1);  
}  
else {  
    printf("Non ho trovato ' ' nella stringa %s\n", string);  
}
```

Allocazione dinamica della memoria

Allocazione statica

- Il C permette di allocare esclusivamente variabili in un numero predefinito in fase di definizione (**allocazione statica della memoria**):
 - Variabili scalari: Una variabile alla volta
 - Vettori: N variabili alla volta (con N valore costante)

Allocazione statica: Esempio

```
#define MAX 1000
```

```
struct scheda {  
    int codice;  
    char nome[20];  
    char cognome[20];  
};
```

```
struct scheda vett[MAX];
```

vett è dimensionato in eccesso, in modo da soddisfare in ogni caso le esigenze del programma, anche se questo usa un numero minore di elementi. Quindi in ogni caso vett sarà composto da 1000 elementi da 42 byte ciascuno, occupando cioè 42.000 byte



Memoria dinamica

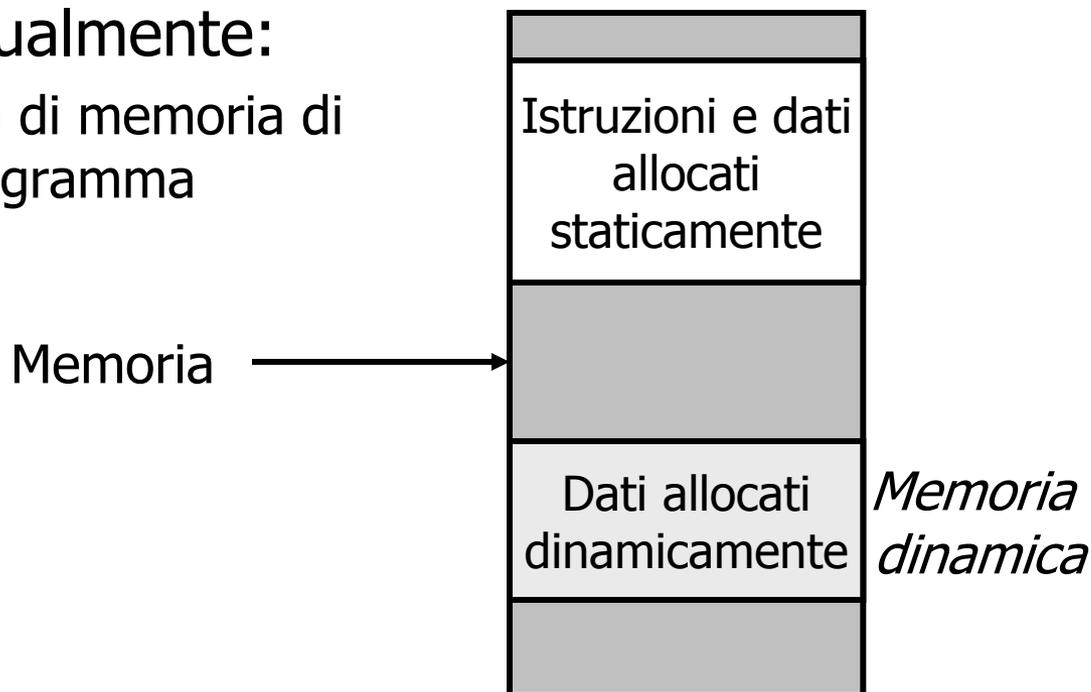
- Questa limitazione può essere superata allocando esplicitamente la memoria (**allocazione dinamica della memoria**):
 - Su richiesta:
 - Il programma è in grado di determinare, ogni volta che è lanciato, di quanta memoria ha bisogno
 - Per quantità definite al tempo di esecuzione:
 - Il programma usa ad ogni istante soltanto la memoria di cui ha bisogno, provvedendo periodicamente ad allocare la quantità di memoria da usare e a liberare (deallocare) quella non più utilizzata
 - In tal modo si permette ad eventuali altri processi che lavorano in parallelo sullo stesso sistema di meglio utilizzare la memoria disponibile

Memoria dinamica (Cont.)

- L'allocazione dinamica assegna memoria ad una variabile in un'area apposita, fisicamente separata da quella in cui vengono posizionate le variabili dichiarate staticamente

- Concettualmente:

- Mappa di memoria di un programma



Memoria dinamica: malloc

- La memoria viene allocata dinamicamente tramite la funzione `malloc()`

- Sintassi:

```
void* malloc(<dimensione>)
```

<***dimensione***>: Numero (intero) di **byte** da allocare

- Valore di ritorno:

Puntatore a cui viene assegnata la memoria allocata

- In caso di errore (esempio, memoria non disponibile), ritorna **NULL**

- NOTA:

Dato che viene ritornato un puntatore `void*`, è obbligatorio forzare il risultato al tipo del puntatore desiderato

Memoria dinamica: malloc (Cont.)

- Esempio:

```
char *p;  
p = (char*)malloc(10); // Alloca 10 caratteri a p
```

- L'allocazione dinamica permette di superare la limitazione del caso statico

- Esempio:

```
int n;  
char p[n]; // Errore!!
```

```
int n;  
char *p = (char*) malloc (n); // OK!!!
```

malloc: Esempio

```
int *punt;
```

```
int n;
```

```
...
```

```
punt = (int *)malloc(n);
```

Richiede l'allocazione di una zona di memoria di n byte.

```
if (punt == NULL)
```

Trasforma il puntatore generico ritornato da malloc in un puntatore a int.

```
{
```

```
    printf ("Errore di allocazione\n");
```

```
    exit();
```

```
}
```

Verifica che l'allocazione sia avvenuta regolarmente.

```
...
```

Settimana n.13

Obiettivi

- Preparazione all'esame

Contenuti

- Svolgimento temi d'esame

Settimana n.14

Obiettivi

- Preparazione all'esame

Contenuti

- Svolgimento temi d'esame