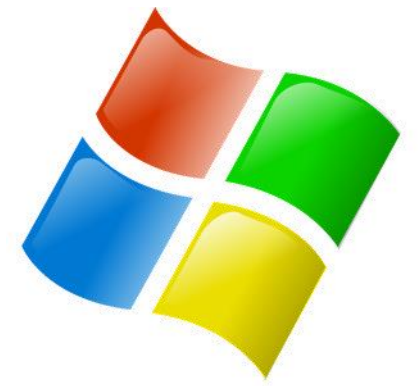




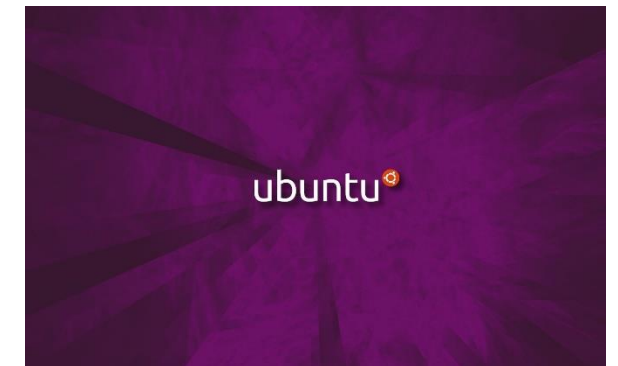
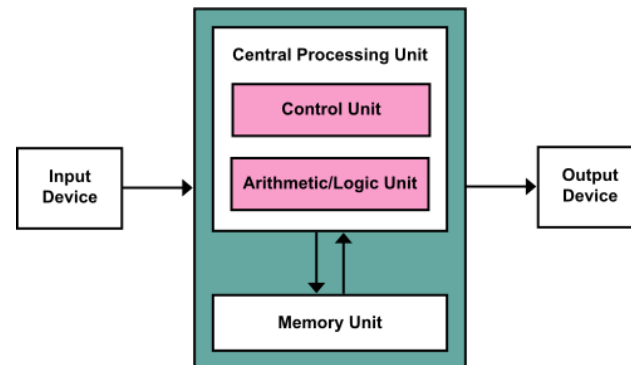
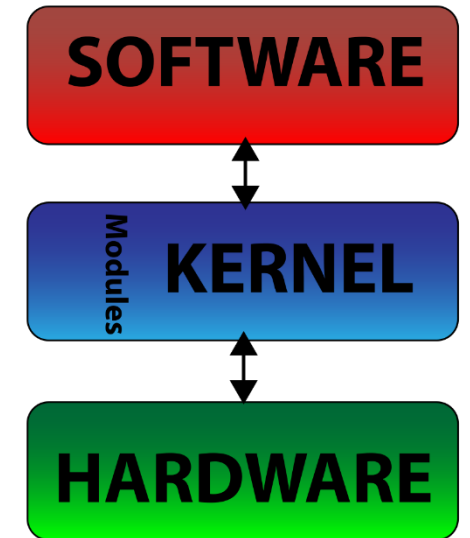
**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DELLA BASILICATA**

*Corso di Sistemi Operativi*

# Strutture dei sistemi operativi

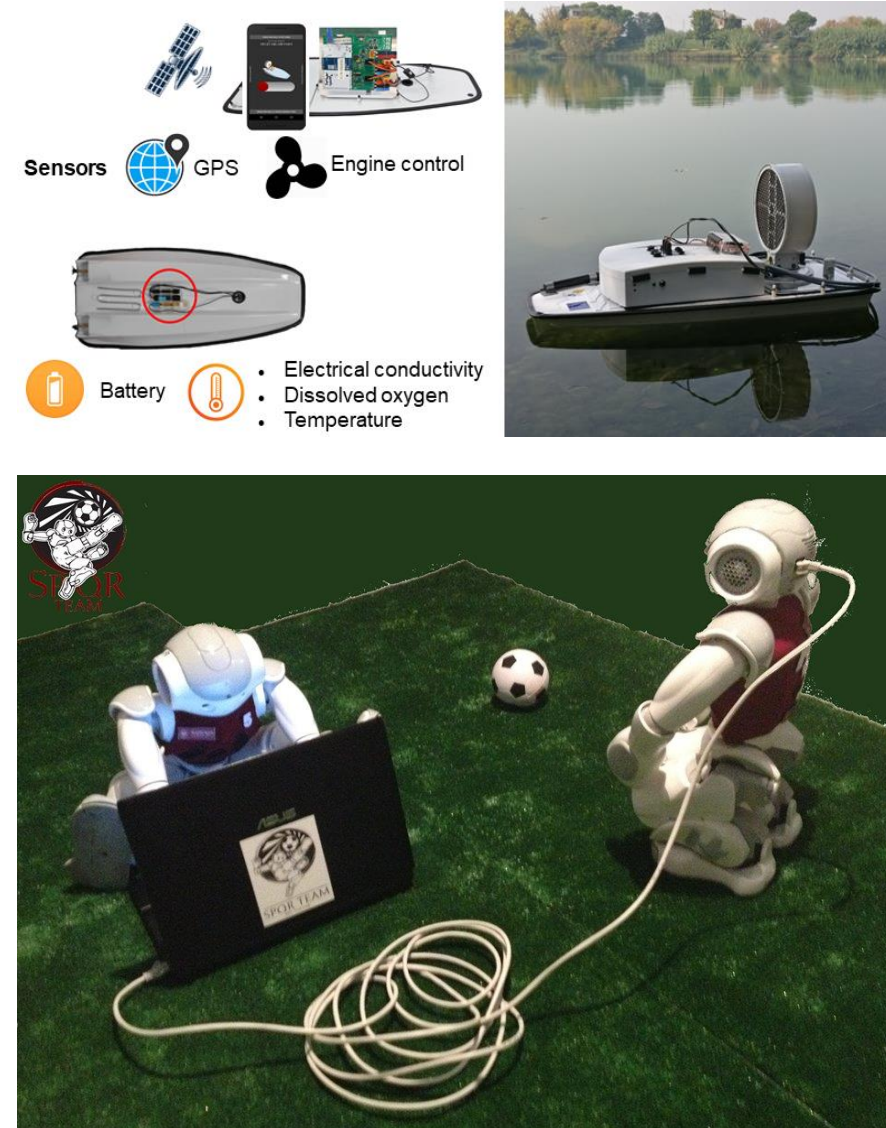


Docente:  
**Domenico Daniele  
Bloisi**



# Domenico Daniele Bloisi

- Ricercatore RTD B  
Dipartimento di Matematica, Informatica  
ed Economia  
Università degli studi della Basilicata  
<http://web.unibas.it/bloisi>
- SPQR Robot Soccer Team  
Dipartimento di Informatica, Automatica  
e Gestionale Università degli studi di  
Roma “La Sapienza”  
<http://spqr.diag.uniroma1.it>



# Informazioni sul corso

---

- Home page del corso:  
<http://web.unibas.it/bloisi/corsi/sistemi-operativi.html>
- Docente: Domenico Daniele Bloisi
- Periodo: I semestre ottobre 2021 – febbraio 2022
  - Lunedì dalle 15:00 alle 17:00 (Aula Leonardo)
  - Martedì dalle 12:30 alle 14:00 (Aula 1)

# Ricevimento

---

- Durante il periodo delle lezioni:  
Martedì dalle 10:00 alle 11:30 → Edificio 3D, II piano, stanza 15  
Si invitano gli studenti a controllare regolarmente la [bacheca degli avvisi](#) per eventuali variazioni
- Al di fuori del periodo delle lezioni:  
da concordare con il docente tramite email

Per prenotare un appuntamento inviare  
una email a  
[domenico.bloisi@unibas.it](mailto:domenico.bloisi@unibas.it)



# Programma – Sistemi Operativi

---

- Introduzione ai sistemi operativi
- Gestione dei processi
- Sincronizzazione dei processi
- Gestione della memoria centrale
- Gestione della memoria di massa
- File system
- Sicurezza e protezione

# Servizi di un sistema operativo

---

Un sistema operativo offre un ambiente in cui eseguire i programmi e fornire i seguenti servizi.

*Interfaccia  
con l'utente*

*Esecuzione  
di un  
programma*

*Operazioni  
di I/O*

*Gestione  
del file  
system*

*Comunicazioni*

*Rilevamento di  
errori*

# Servizi di un sistema operativo

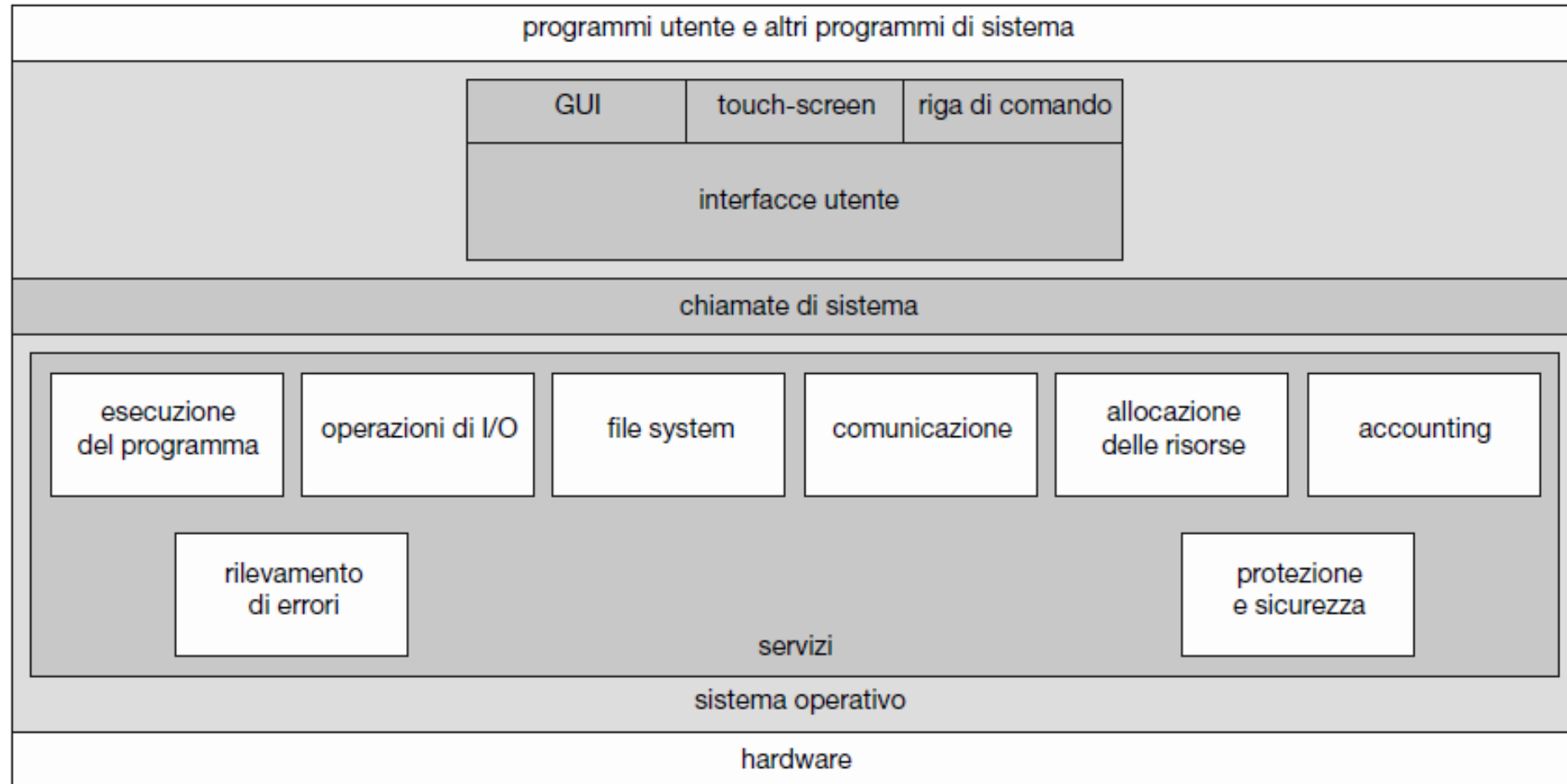
---

Allocazione  
delle risorse

Logging

Protezione  
e sicurezza

# Servizi di un sistema operativo



**Figura 2.1** Panoramica dei servizi del sistema operativo.

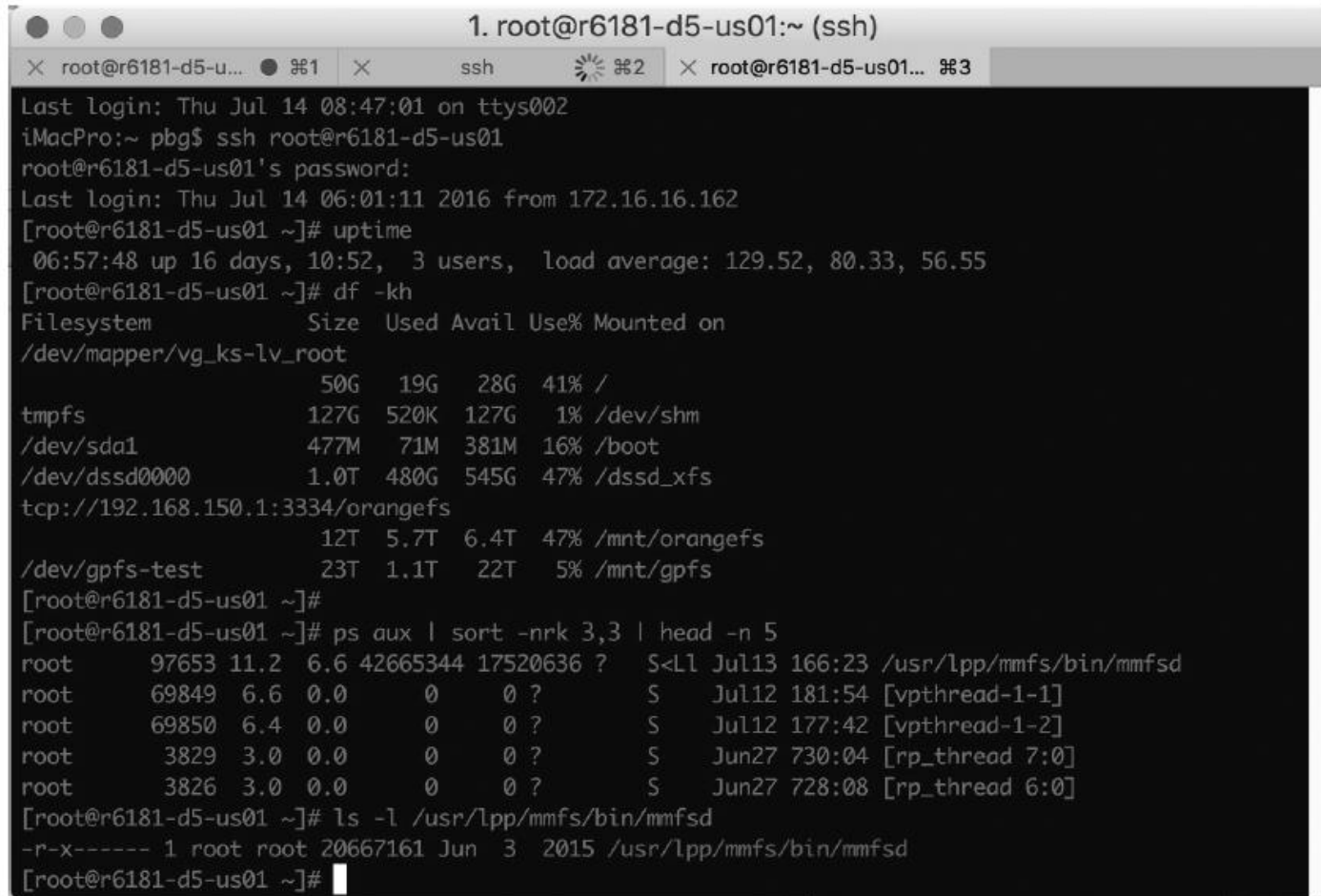


# Interfaccia con l'utente del sistema operativo

---

1. interfaccia a riga di comando o **interprete dei comandi**
2. Interfaccia **touch-screen**
3. Interfaccia grafica con l'utente o **GUI**

# Interprete dei comandi



```
1. root@r6181-d5-us01:~ (ssh)
X root@r6181-d5-u... ● 1 X ssh 2 X root@r6181-d5-us01... 3
Last login: Thu Jul 14 08:47:01 on ttys002
iMacPro:~ pbg$ ssh root@r6181-d5-us01
root@r6181-d5-us01's password:
Last login: Thu Jul 14 06:01:11 2016 from 172.16.16.162
[root@r6181-d5-us01 ~]# uptime
 06:57:48 up 16 days, 10:52,  3 users,  load average: 129.52, 80.33, 56.55
[root@r6181-d5-us01 ~]# df -kh
Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
/dev/mapper/vg_ks-lv_root
                  50G   19G   28G  41% /
tmpfs            127G  520K  127G   1% /dev/shm
/dev/sda1         477M   71M  381M  16% /boot
/dev/dssd0000     1.0T  480G  545G  47% /dssd_xfs
tcp://192.168.150.1:3334/orangefs
                  12T   5.7T   6.4T  47% /mnt/orangefs
/dev/gpfs-test    23T   1.1T   22T   5% /mnt/gpfs
[root@r6181-d5-us01 ~]#
[root@r6181-d5-us01 ~]# ps aux | sort -nrk 3,3 | head -n 5
root      97653 11.2  6.6 42665344 17520636 ?    S<Ll  Jul13 166:23 /usr/lpp/mmfs/bin/mmfsd
root      69849  6.6  0.0      0      0 ?    S     Jul12 181:54 [vpthread-1-1]
root      69850  6.4  0.0      0      0 ?    S     Jul12 177:42 [vpthread-1-2]
root      3829  3.0  0.0      0      0 ?    S     Jun27 730:04 [rp_thread 7:0]
root      3826  3.0  0.0      0      0 ?    S     Jun27 728:08 [rp_thread 6:0]
[root@r6181-d5-us01 ~]# ls -l /usr/lpp/mmfs/bin/mmfsd
-r-x----- 1 root root 20667161 Jun  3 2015 /usr/lpp/mmfs/bin/mmfsd
[root@r6181-d5-us01 ~]#
```

Interprete dei  
comandi

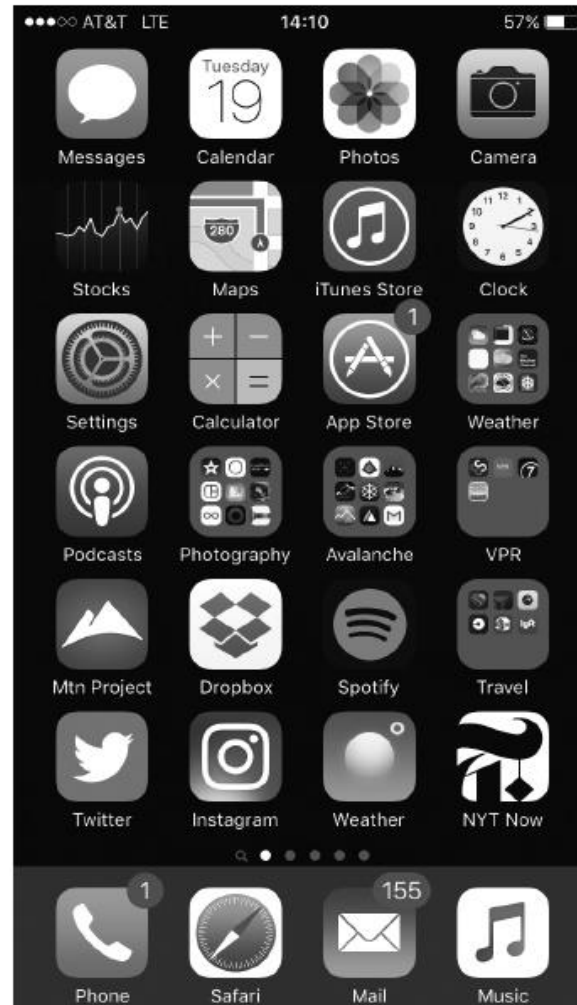


shell

**Figura 2.2** La shell bash, l'interprete dei comandi utilizzato in macOS.

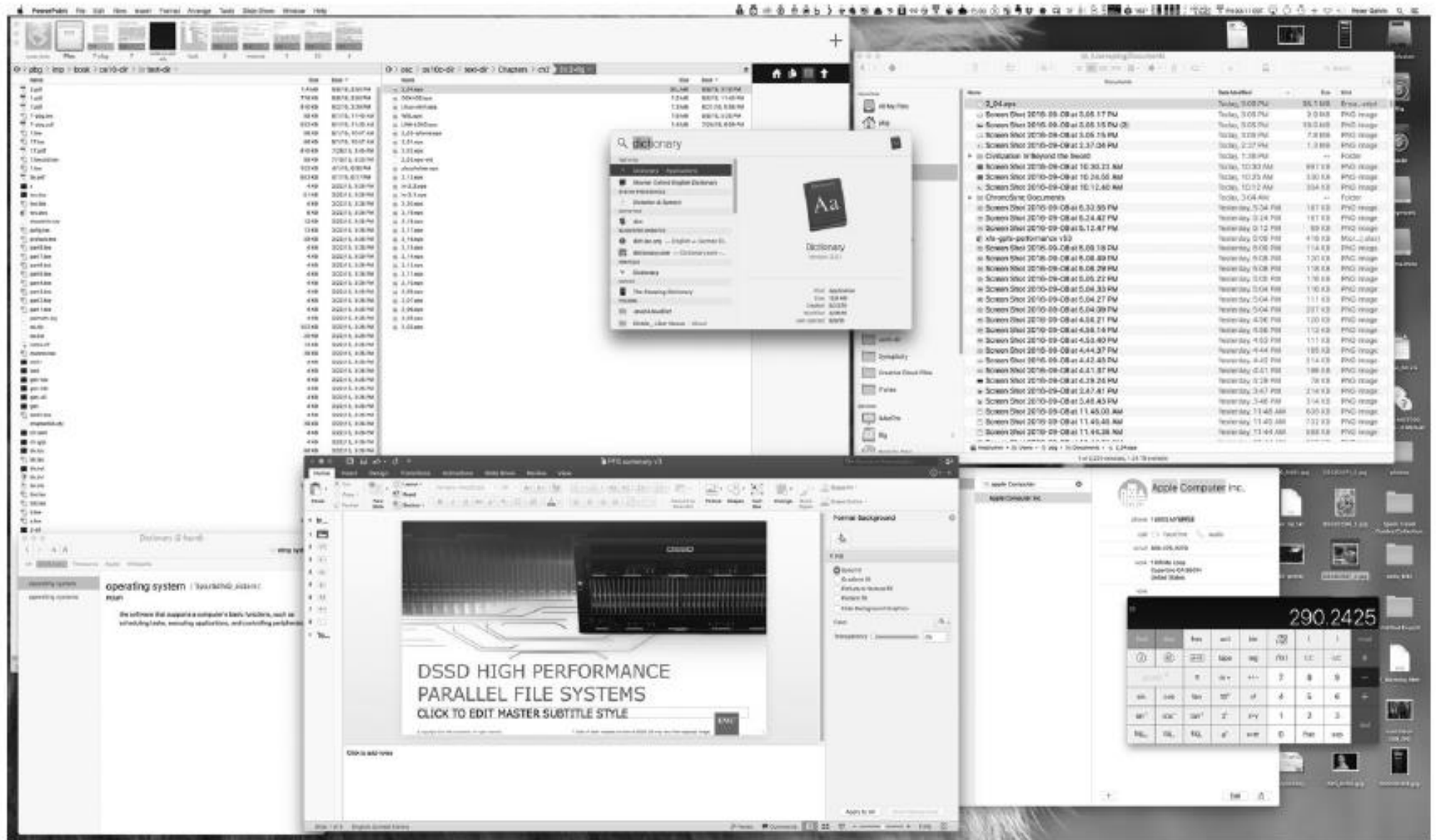
# Interfaccia touch-screen

---



**Figura 2.3** Il touch-screen di un iPhone.

# GUI



**Figura 2.4** Interfaccia grafica di macOS.

# System calls

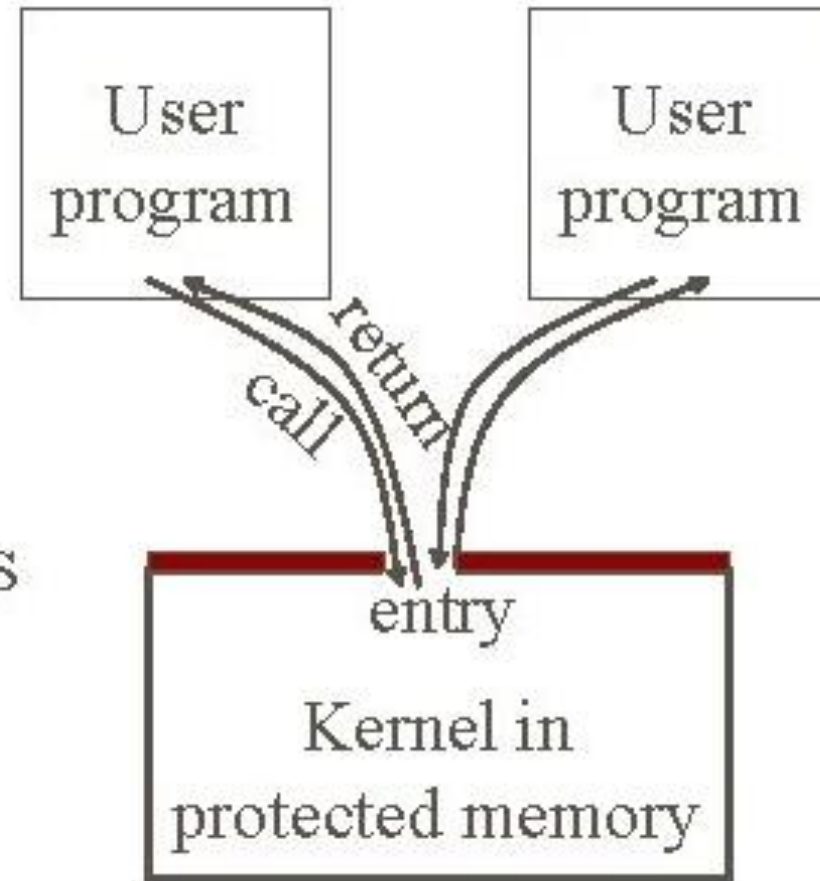
---

- Programming interface to the services provided by the OS
- Typically written in a high-level language (C or C++)
- Mostly accessed by programs via a high-level **Application Programming Interface (API)** rather than direct system call use
- Three most common APIs are **Win32 API** for Windows, **POSIX API** for POSIX-based systems (including virtually all versions of UNIX, Linux, and Mac OS X), and **Java API** for the Java virtual machine (JVM)

# System call mechanism

---

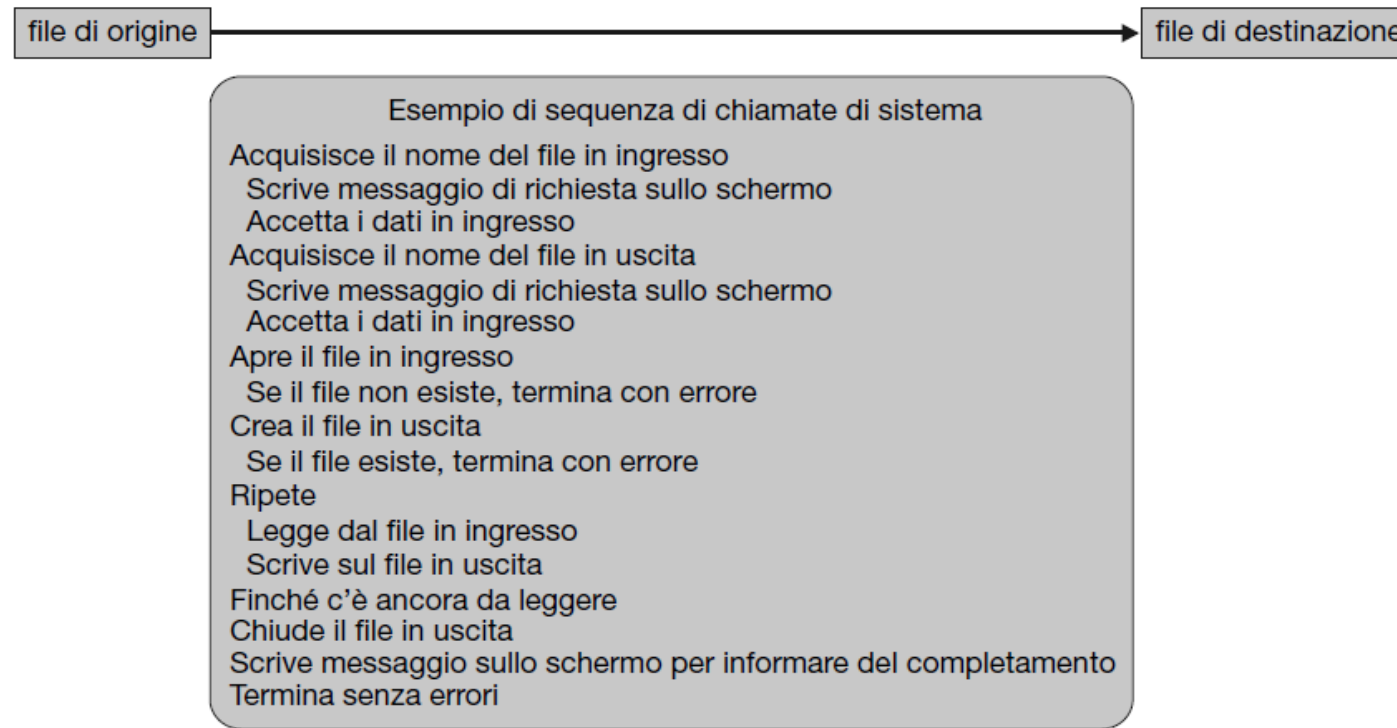
- User code can be arbitrary
- User code cannot modify kernel memory
- Makes a system call with parameters
- The call mechanism switches code to kernel mode
- Execute system call
- Return with results





# Esempio system call

Le **chiamate di sistema** (*system call*) costituiscono un'interfaccia per i servizi resi disponibili dal sistema operativo.



**Figura 2.5** Esempio d'uso delle chiamate di sistema.

# System call - implementazione

---

- Typically, a **number associated with each system call**
  - **System-call interface** maintains a **table indexed according to these numbers**
- The system call interface invokes the intended system call in OS kernel and returns status of the system call and any return values
- The caller need know nothing about how the system call is implemented
  - Just needs to obey API and understand what OS will do as a result call
  - Most details of OS interface **hidden from programmer by API**
    - ▶ Managed by **run-time support library** (set of functions built into libraries included with compiler)



# API - Interfaccia per la programmazione di applicazioni

**API:** Specifica un insieme di funzioni a disposizione del programmatore e dettaglia i parametri necessari all'invocazione di queste funzioni, insieme ai valori restituiti.



## ESEMPIO DI API STANDARD




Come esempio di API standard consideriamo la funzione `read()` disponibile in Unix e Linux. L'API per questa funzione si può ottenere digitando

```
man read
```

da riga di comando. Una descrizione di questa API è la seguente:

```
#include <unistd.h>

ssize_t  read(int fd, void *buf, size_t count)
```

|   |   |   |
|---|---|---|
|  |  |  |
| valore<br>restituito  | nome<br>della funzione  | parametri   |

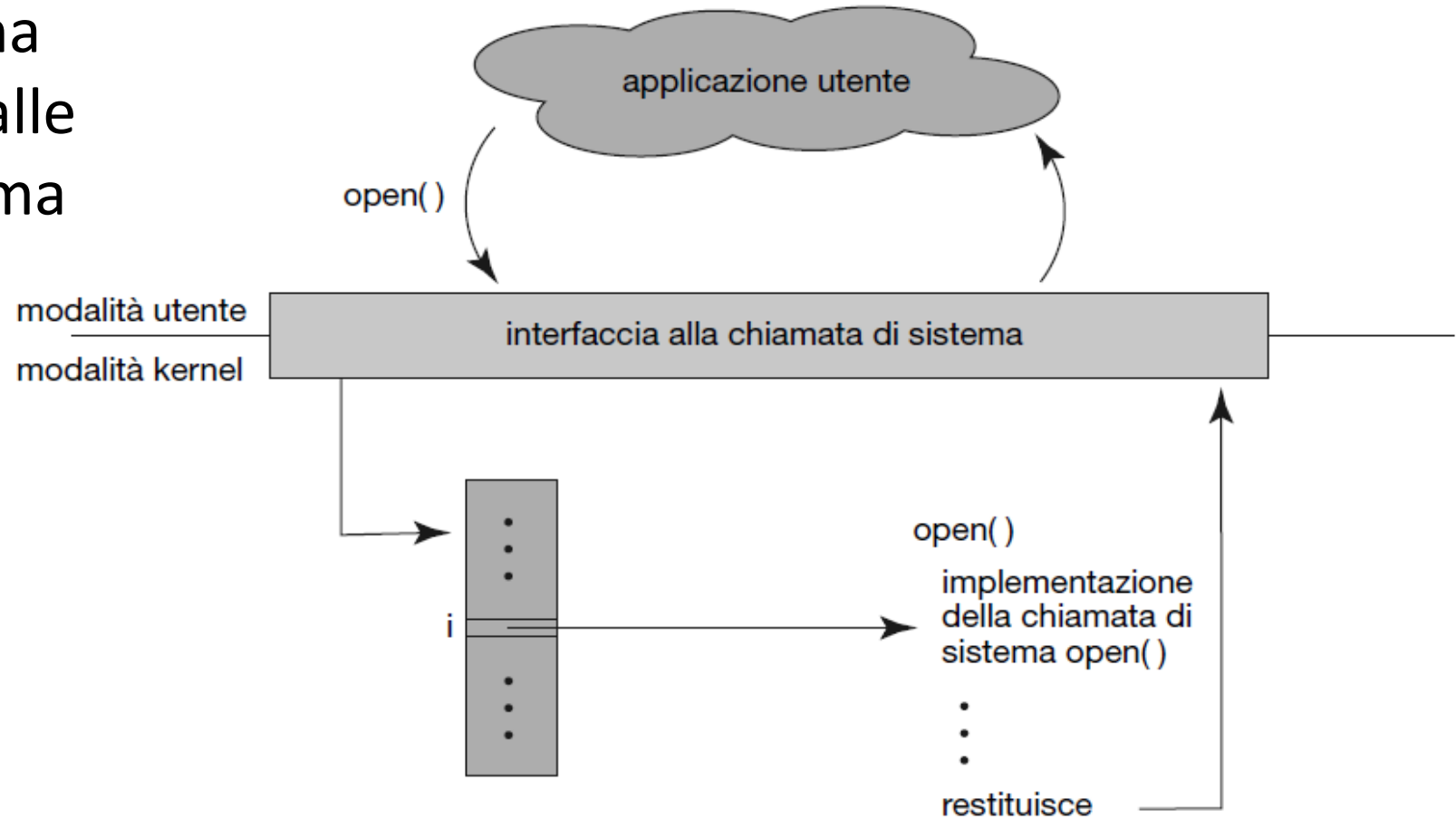
Un programma che utilizza la `read()` deve includere il file `unistd.h` che, tra le altre cose, definisce i tipi di dato `ssize_t` e `size_t`. I parametri passati alla `read()` sono i seguenti:

- `int fd` — il descrittore del file da leggere
- `void *buf` — un buffer nel quale vengono messi i dati letti
- `size_t count` — il massimo numero di byte da leggere e inserire nel buffer

Quando una `read()` è completata con successo viene restituito il numero di byte letti. La `read()` restituisce 0 in caso di fine del file e -1 quando si è verificato un errore.

# API, system call e SO

Le relazioni fra una API, l'interfaccia alle chiamate di sistema e il sistema operativo



**Figura 2.6** Gestione della chiamata di sistema `open ( )` invocata da un'applicazione utente.

# System call – passaggio dei parametri

---

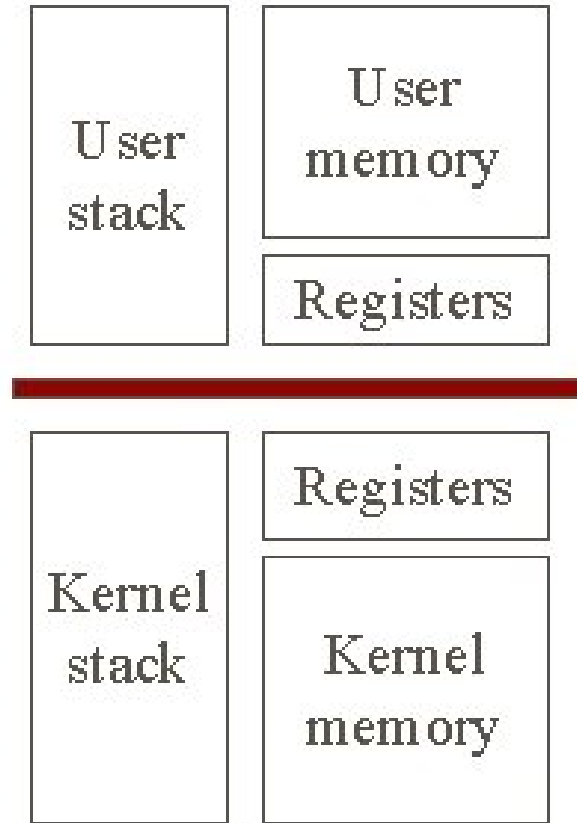
Per passare **parametri** al sistema operativo si usano tre metodi generali:

1. in *registri*
2. in un *blocco o tabella di memoria*
3. nello *stack* da cui sono prelevati (*pop*) dal sistema operativo

# Passaggio dei parametri in registri

---

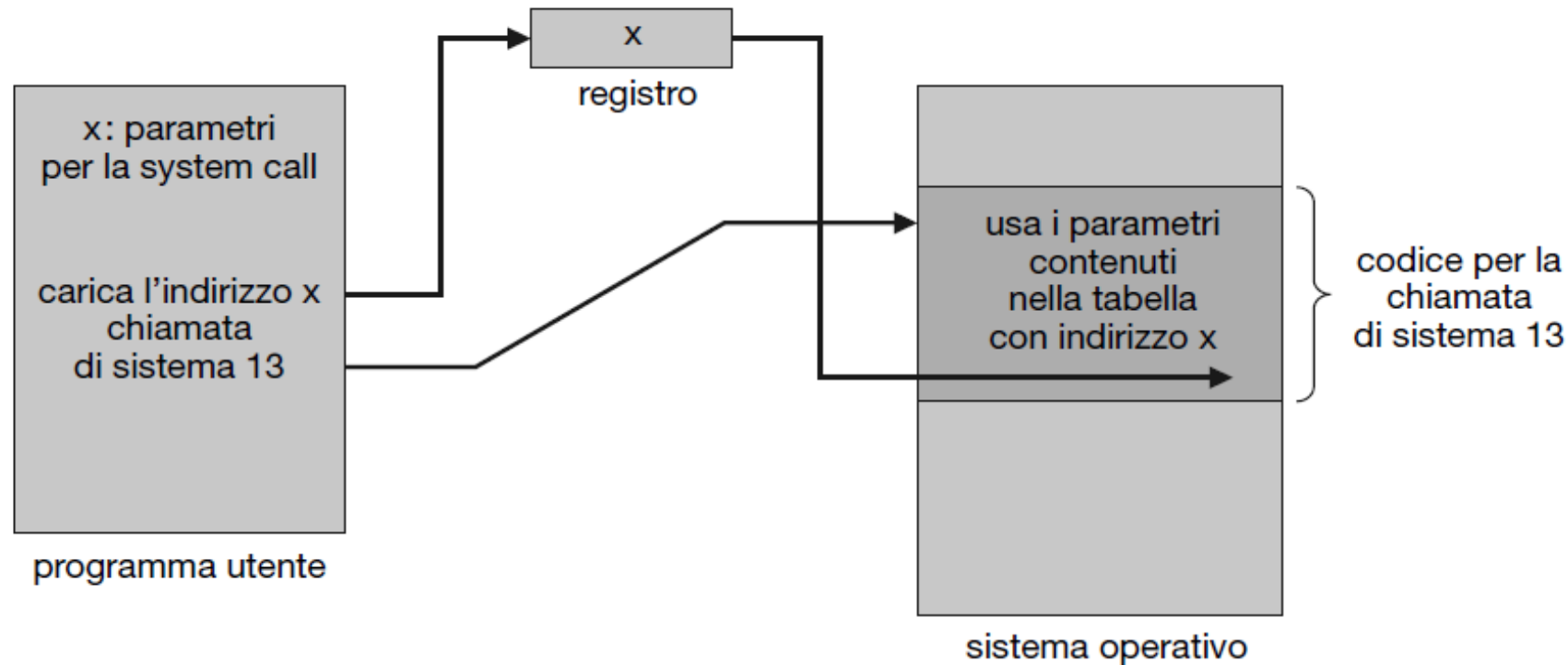
- È il metodo più semplice e veloce
- In alcuni casi potrebbero esserci più parametri che registri



# Passaggio dei parametri in forma di tabella

Parameters stored in a **block**, or table, in memory, and **address** of block passed as a parameter in a **register**

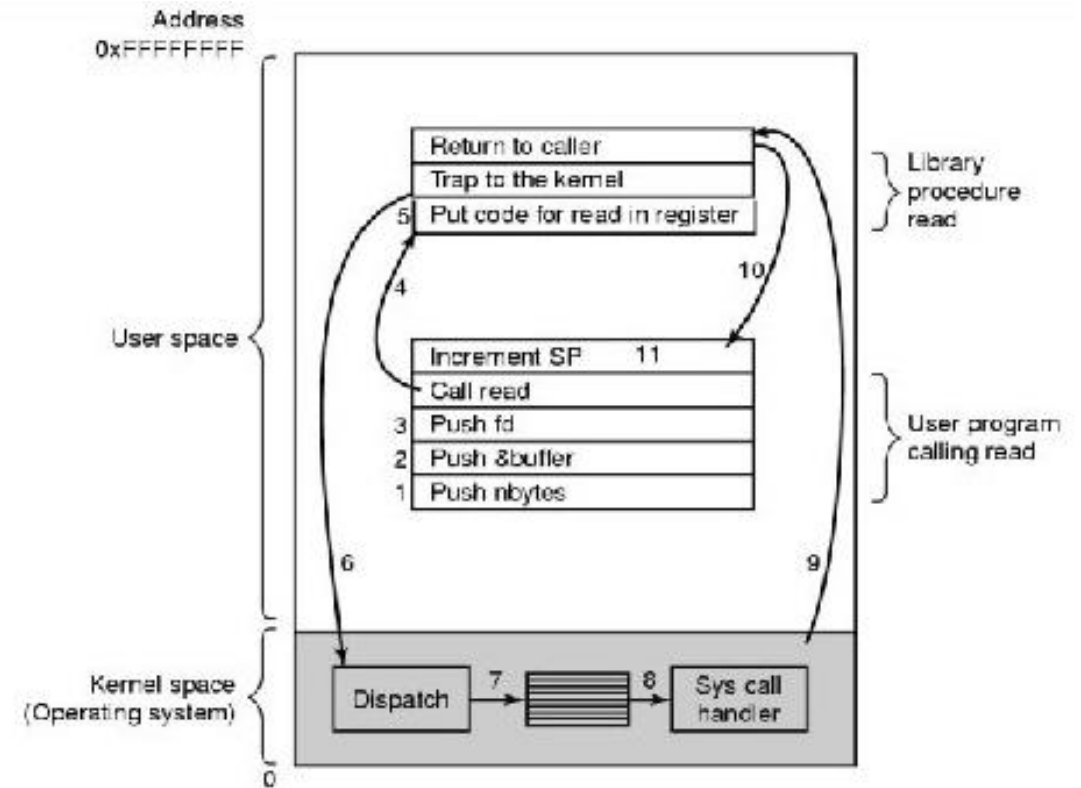
- This approach taken by Linux and Solaris



**Figura 2.7** Passaggio di parametri in forma di tabella.

# Passaggio dei parametri nello stack

- Parameters placed, or **pushed**, onto the **stack** by the program and **popped** off the stack by the operating system
- Block and stack methods **do not limit** the number or length of parameters being passed



The 11 steps in making the system call read(fd, buffer, nbytes)

# Categorie di chiamate di sistema

---

Controllo dei  
processi

Gestione dei file

Gestione dei  
dispositivi

Gestione delle  
informazioni,  
comunicazioni e  
protezione

# Categorie di chiamate di sistema

---

## Controllo dei processi

- creazione e arresto di un processo
- caricamento, esecuzione
- terminazione normale e anormale
- esame e impostazione degli attributi di un processo
- attesa per il tempo indicato
- attesa e segnalazione di un evento
- assegnazione e rilascio di memoria



# Categorie di chiamate di sistema

---

## Gestione dei file

- creazione e cancellazione di file
- apertura, chiusura
- lettura, scrittura, posizionamento
- esame e impostazione degli attributi di un file

# Categorie di chiamate di sistema

---

## Gestione dei dispositivi

- richiesta e rilascio di un dispositivo
- lettura, scrittura, posizionamento
- esame e impostazione degli attributi di un dispositivo
- inserimento logico ed esclusione logica di un dispositivo


# Categorie di chiamate di sistema

---

Gestione delle  
informazioni,  
comunicazioni e  
protezione

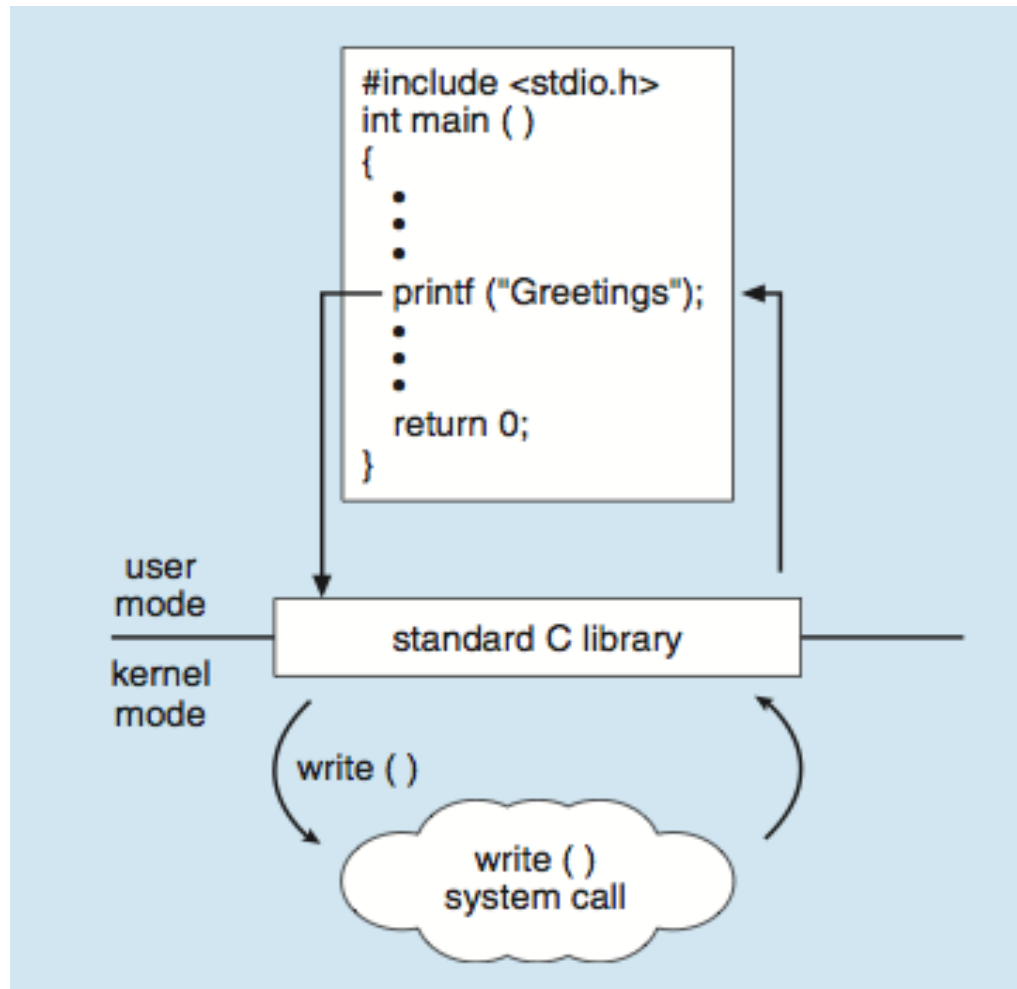
- Gestione delle informazioni
  - esame e impostazione dell'ora e della data
  - esame e impostazione dei dati del sistema
  - esame e impostazione degli attributi dei processi, file e dispositivi
- Comunicazione
  - creazione e chiusura di una connessione
  - invio e ricezione di messaggi
  - informazioni sullo stato di un trasferimento
  - inserimento ed esclusione di dispositivi remoti
- Protezione
  - visualizzazione dei permessi di un file
  - impostazione dei permessi di un file

# Esempi di chiamate di sistema

|                                    |  <b>ESEMPIO DI CHIAMATE DI SISTEMA DI WINDOWS E UNIX</b> |  |
|------------------------------------|---|--|
|                                    | <b>Windows</b>  | <b>UNIX</b>                            |
| <b>Controllo dei processi</b>      | CreateProcess()<br>ExitProcess()<br>WaitForSingleObject()   | fork()<br>exit()<br>wait()             |
| <b>Gestione dei file</b>           | CreateFile()<br>ReadFile()<br>WriteFile()<br>CloseHandle()  | open()<br>read()<br>write()<br>close() |
| <b>Gestione dei dispositivi</b>    | SetConsoleMode()<br>ReadConsole()<br>WriteConsole()   | ioctl()<br>read()<br>write()           |
| <b>Gestione delle informazioni</b> | GetCurrentProcessID()<br>SetTimer()<br>Sleep()  | getpid()<br>alarm()<br>sleep()         |
| <b>Comunicazione</b>               | CreatePipe()<br>CreateFileMapping()<br>MapViewOfFile()  | pipe()<br>shm_open()<br>mmap()         |
| <b>Protezione</b>                  | SetFileSecurity()<br>InitializeSecurityDescriptor()<br>SetSecurityDescriptorGroup()   | chmod()<br>umask()<br>chown()          |

# Standard C Library Example

- C program invoking `printf()` library call, which calls `write()` system call



# Sistema monoprogrammato

---

**Arduino** è una semplice piattaforma hardware composta da un microcontrollore e da sensori di ingresso che rispondono a diversi eventi

Arduino è un esempio di un sistema **monoprogrammato**

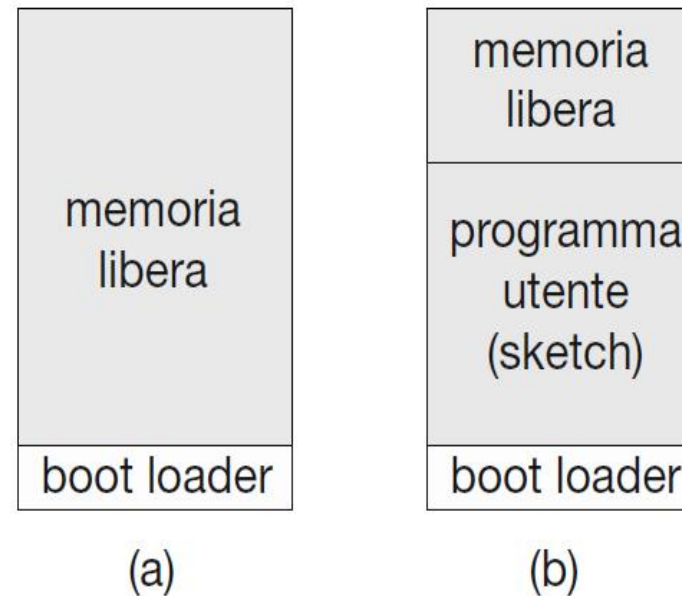


# Sistema monoprogrammato

---

La creazione di un programma per Arduino prevede:

1. la scrittura del programma su un PC
2. Il caricamento del programma compilato (noto come *sketch*) dal PC alla memoria flash di Arduino tramite una connessione USB

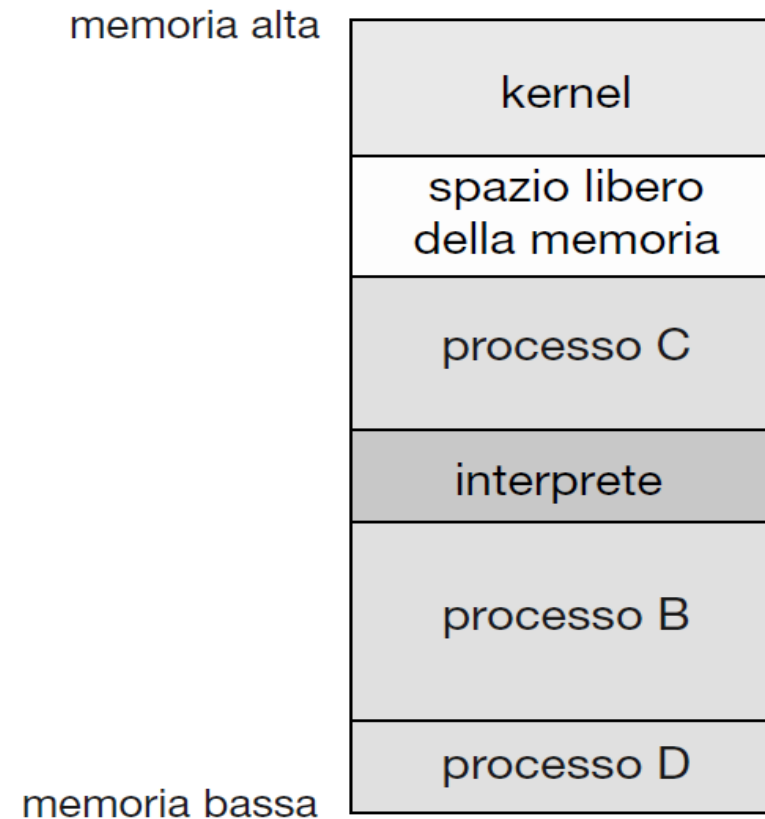


**Figura 2.9** Esecuzione in Arduino. (a) All'avviamento del sistema. (b) Durante l'esecuzione di un programma.

# Sistema multitasking

---

FreeBSD (derivato da UNIX Berkeley)  
è un esempio di  
sistema  
multitasking



**Figura 2.10** Esecuzione di più programmi nel sistema operativo FreeBSD.

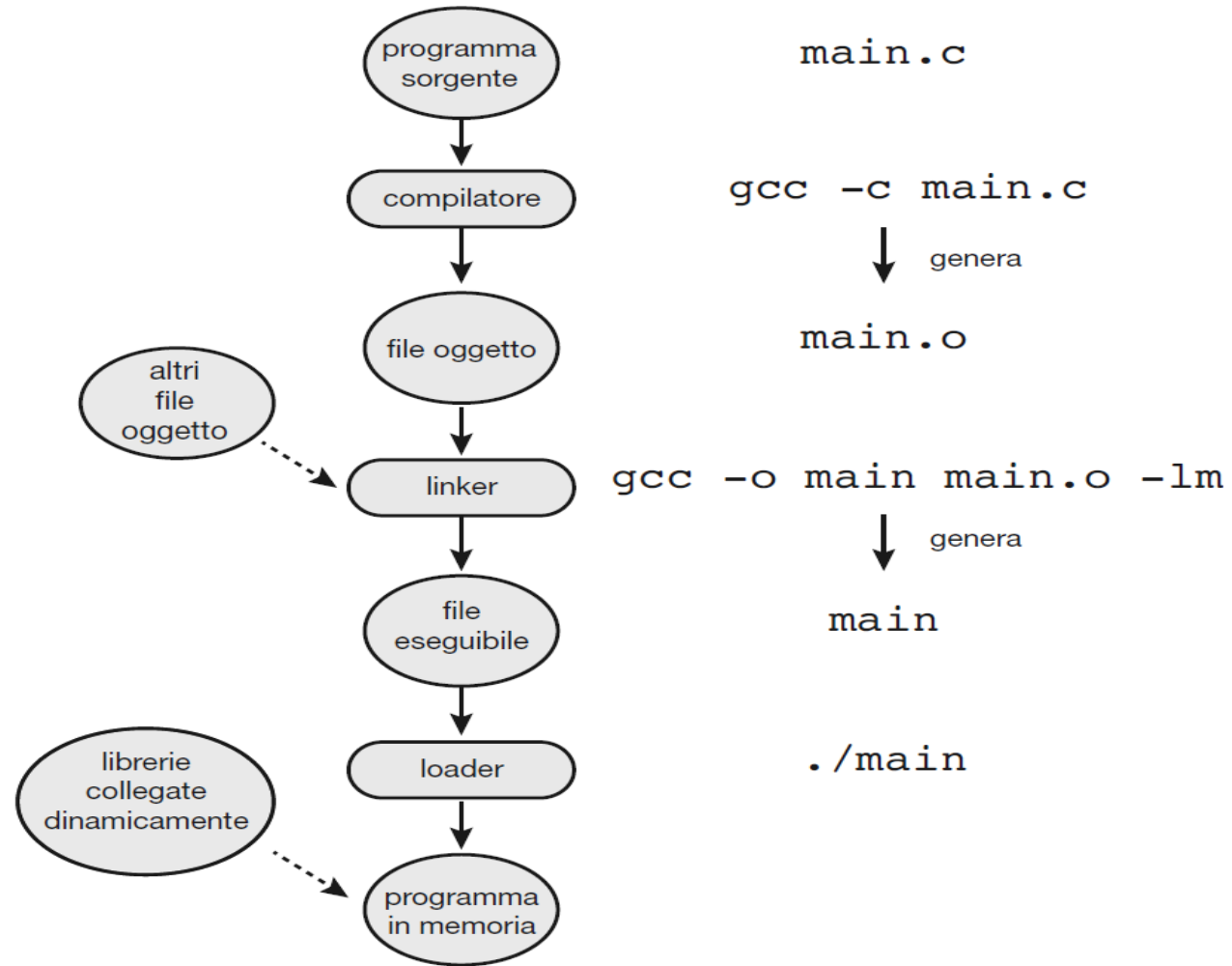


# Servizi di sistema/utilità di sistema

---



# Linker e loader



**Figura 2.11** Il ruolo di linker e loader.

# Perchè le applicazioni dipendono dal sistema operativo

---

- Fondamentalmente le applicazioni compilate su un sistema operativo *non sono eseguibili* su altri sistemi operativi.
- Ogni sistema operativo fornisce *un insieme univoco di chiamate di sistema*.

# Esecuzione su più sistemi operativi

---

Tre modi per consentire a un'applicazione di essere resa disponibile per l'esecuzione su più sistemi operativi:

1. Può essere scritta in un linguaggio interpretato che ha un interprete disponibile per più sistemi operativi (per esempio Python)
2. Può essere scritta in un linguaggio che utilizza una macchina virtuale contenente l'applicazione in esecuzione (per esempio Java)
3. Lo sviluppatore di un'applicazione può utilizzare un linguaggio o un'API standard in cui il compilatore genera binari nel linguaggio specifico del sistema operativo e della macchina (per esempio C/C++)

# Struttura del sistema operativo

## Struttura monolitica

Un sistema monolitico viene anche chiamato **sistema strettamente accoppiato** (*tightly coupled*)

In alternativa, è possibile progettare un **sistema debolmente accoppiato** (*loosely coupled*)

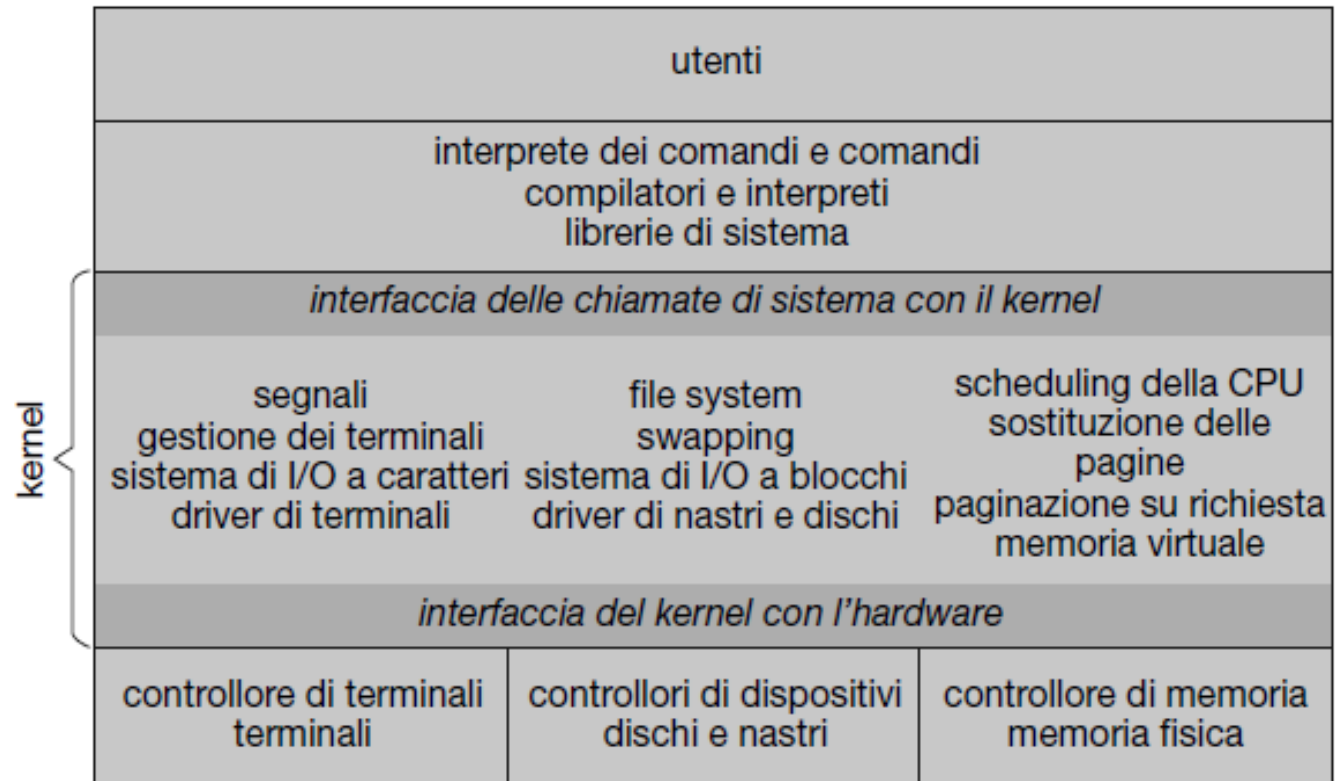
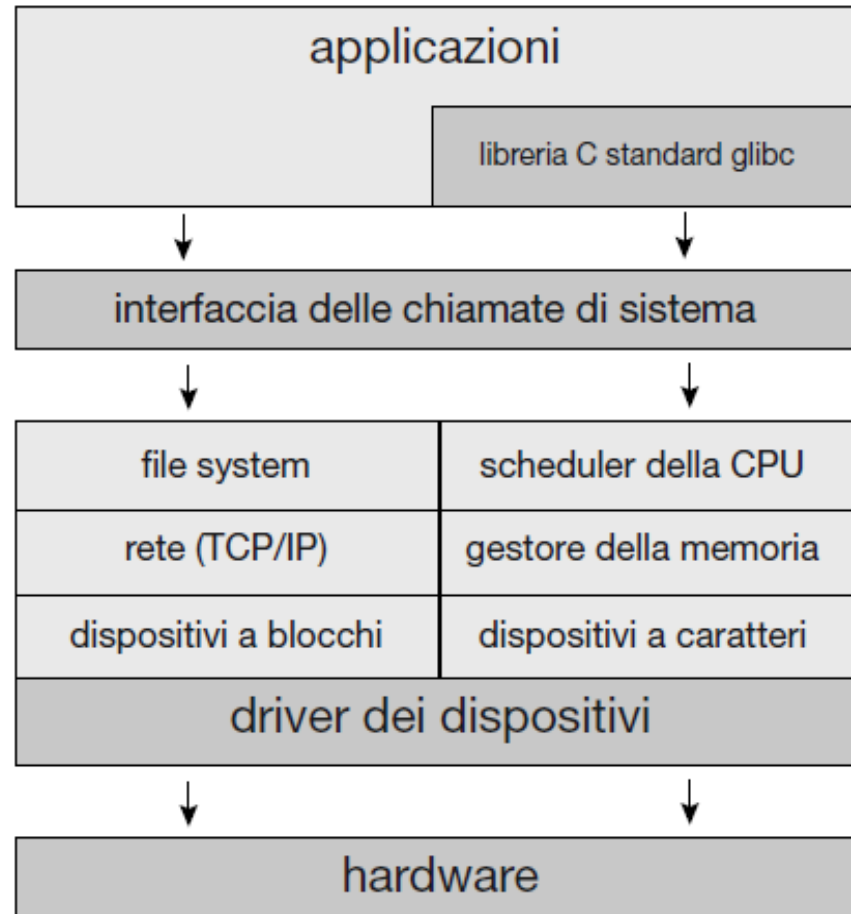


Figura 2.12 Struttura del sistema UNIX.

# Struttura del sistema Linux

Il sistema operativo  
**Linux** è basato su UNIX  
ed è strutturato in  
modo simile



**Figura 2.13** Struttura del sistema Linux.

# Approccio stratificato

---

Per realizzare un **sistema debolmente accoppiato** (*loosely coupled*) è possibile suddividere le funzioni del kernel in moduli

Vi sono molti modi per rendere modulare un sistema operativo. Uno di essi è l'**approccio stratificato**.

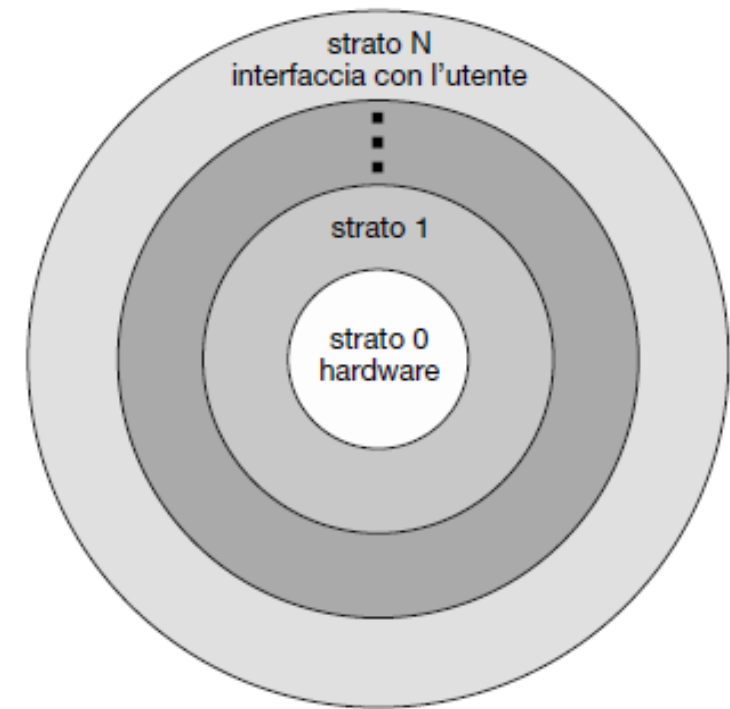
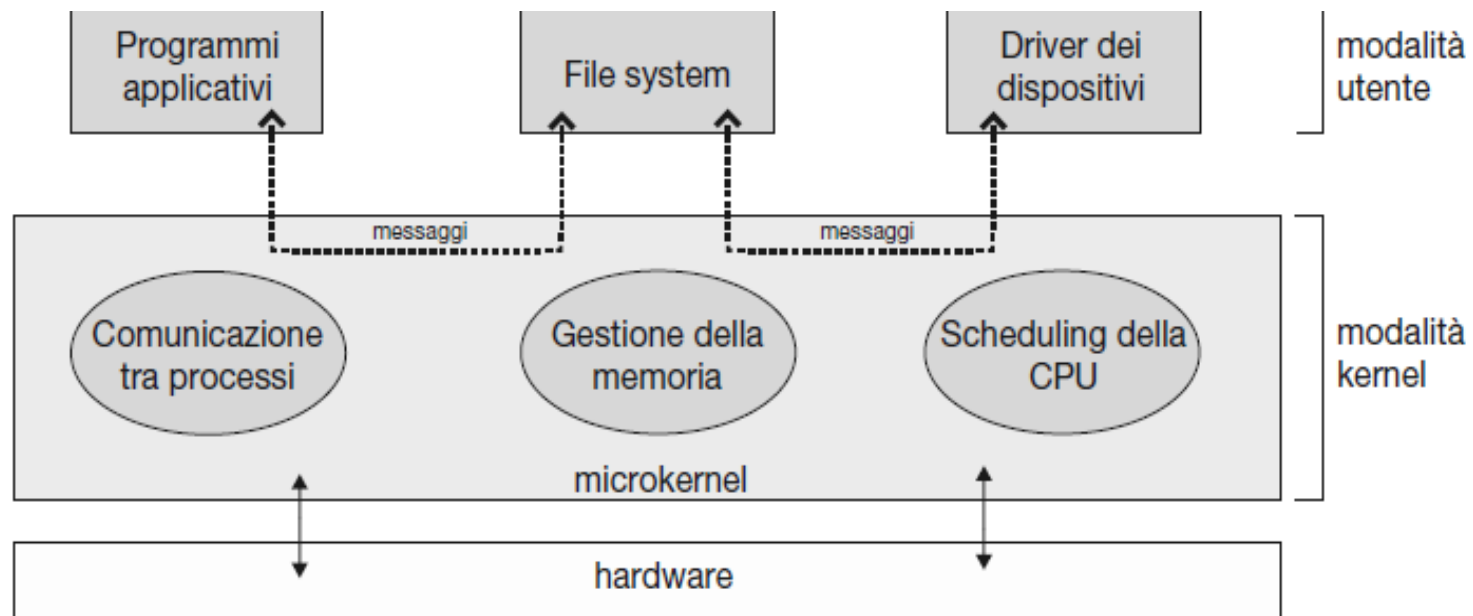


Figura 2.14 Struttura a strati di un sistema operativo.

# Microkernel

Verso la metà degli anni '80 fu realizzato un sistema operativo, **Mach**, con il kernel strutturato in moduli secondo il cosiddetto **orientamento a microkernel**.

**Scopo principale del microkernel** → fornire funzioni di comunicazione tra i programmi client e i vari servizi, anch'essi in esecuzione nello spazio utente.



**Figura 2.15** Architettura tipica di un microkernel.



# macOS e iOS

Il sistema operativo **macOS** di Apple è progettato per funzionare principalmente su *computer desktop* e *laptop*, mentre **iOS** è un sistema operativo mobile progettato per *iPhone* e *iPad*.

- Strato dell'interfaccia utente (**user experience**)
- Strato degli **ambienti applicativi**
- **Ambienti di base (core)**
- **Ambiente kernel** (noto anche come **Darwin**)

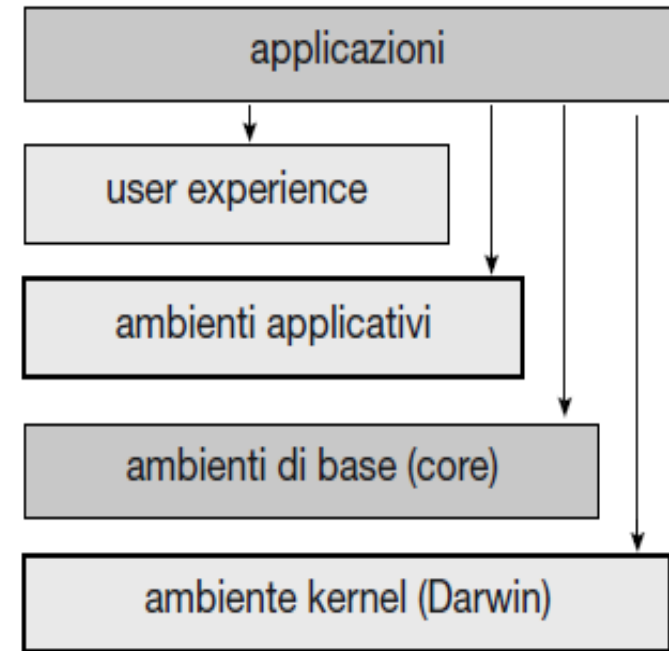


Figura 2.16 Architettura dei sistemi operativi macOS e iOS di Apple.

# Darwin

**Darwin** è un sistema a strati costituito principalmente dal microkernel Mach e dal kernel BSD UNIX.

Apple ha rilasciato il sistema operativo **Darwin** come **open-source**

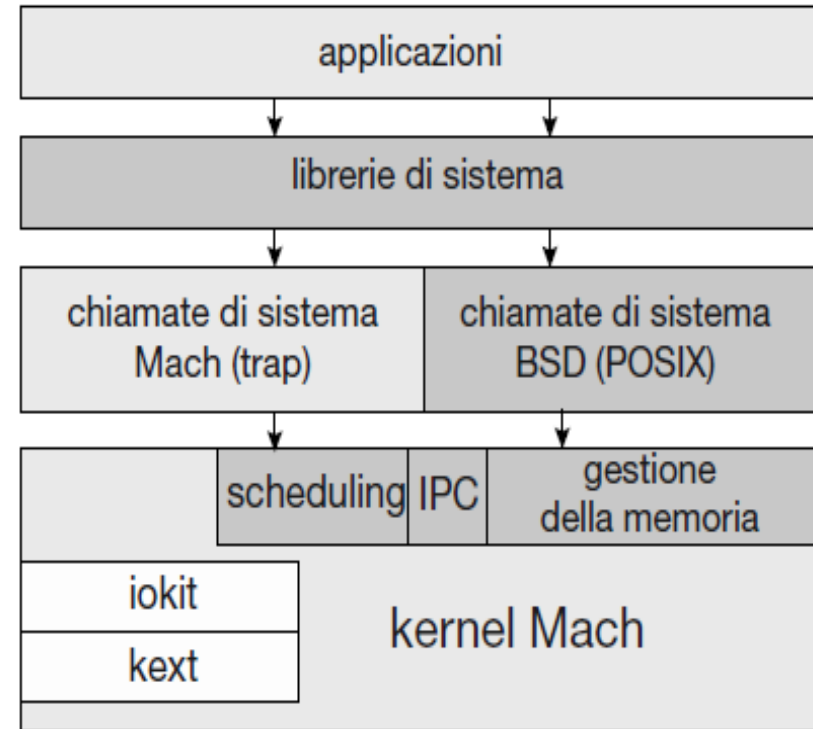
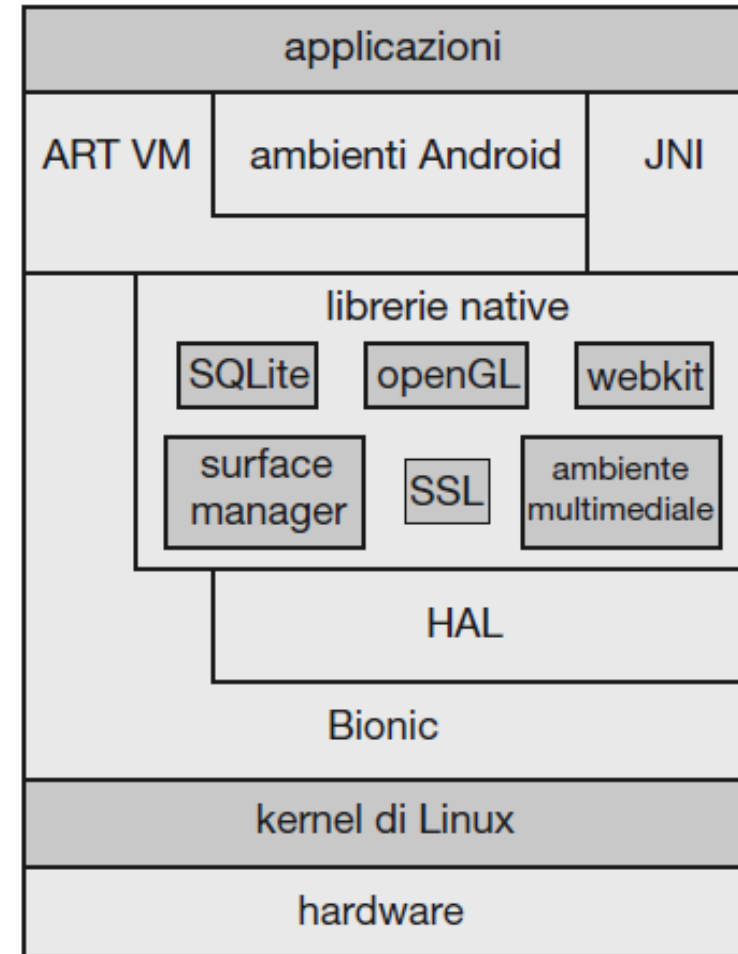


Figura 2.17 La struttura di Darwin.

# Android

Mentre iOS è progettato per funzionare su dispositivi mobili di Apple ed è un software proprietario, **(Google) Android** gira su una varietà di piattaforme mobili ed è **open-source**.

Poiché Android può essere eseguito su un numero quasi illimitato di dispositivi, Google ha scelto di astrarre l'hardware attraverso uno strato di astrazione hardware detto **HAL** (hardware abstraction layer).



**Figura 2.18** Architettura di Google Android.

# Generare e avviare un OS

---



# Avvio del sistema operativo

---

Il processo di avvio di un computer, caricando il kernel del sistema operativo, è noto come **boot**.



# System boot

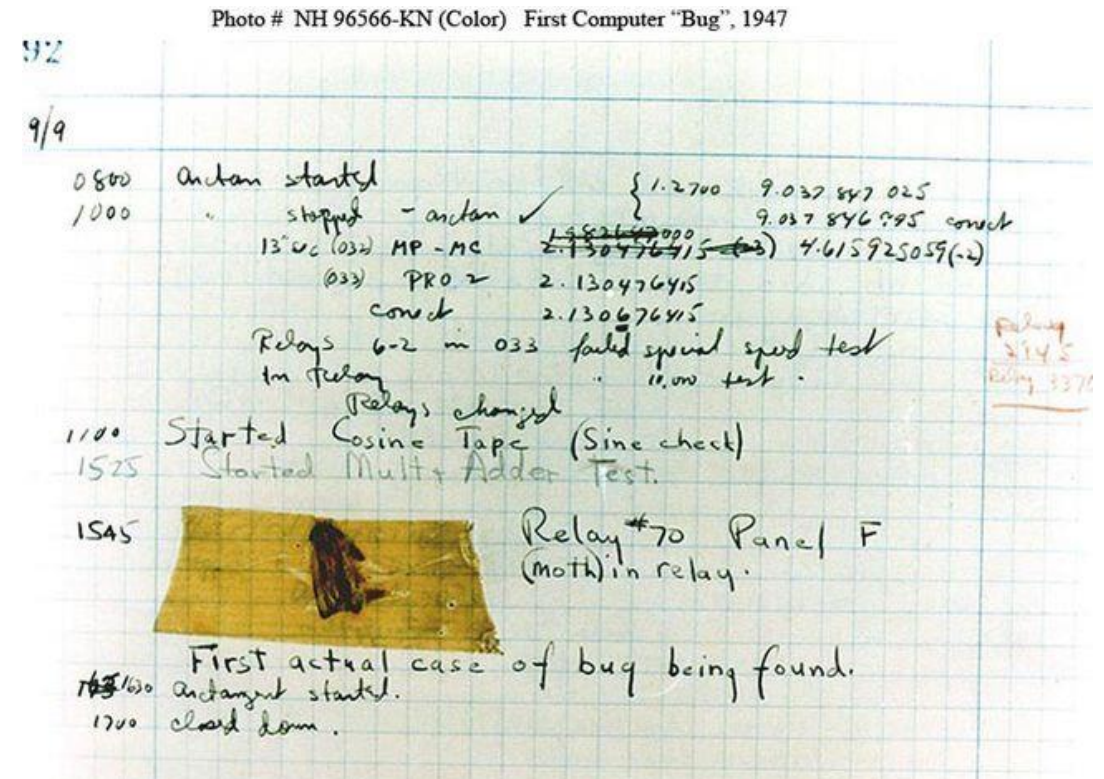
---

- When power initialized on system, execution starts at a fixed memory location
  - Firmware ROM used to hold initial boot code
- Operating system must be made available to hardware so hardware can start it
  - Small piece of code – **bootstrap loader**, stored in **ROM** or **EEPROM** locates the kernel, loads it into memory, and starts it
  - Sometimes two-step process where **boot block** at fixed location loaded by ROM code, which loads bootstrap loader from disk
- Common bootstrap loader, **GRUB**, allows selection of kernel from multiple disks, versions, kernel options
- Kernel loads and system is then **running**

# Debugging

**Debugging** → l'attività di individuare e risolvere errori hardware e software nel sistema, i cosiddetti **bachi (bug)**, *ma anche*

- **regolazione delle prestazioni (performance tuning)**
- **colli di bottiglia (bottleneck)** del sistema



<https://www.nationalgeographic.org/thisday/sep9/worlds-first-computer-bug/>

# Debugging

---

Se il *debugging di processi* a livello utente è una sfida, *a livello del kernel* del sistema operativo è un'attività ancora più difficile a causa della dimensione e della complessità del kernel, del suo controllo dell'hardware e della mancanza di strumenti per eseguire il debugging a livello utente.



Un guasto nel kernel viene chiamato **crash**



## LA LEGGE DI KERNIGHAN

“Il debugging è due volte più complesso rispetto alla stesura del codice. Di conseguenza, chi scrive il codice nella maniera più intelligente possibile non è, per definizione, abbastanza intelligente per eseguirne il debugging.”



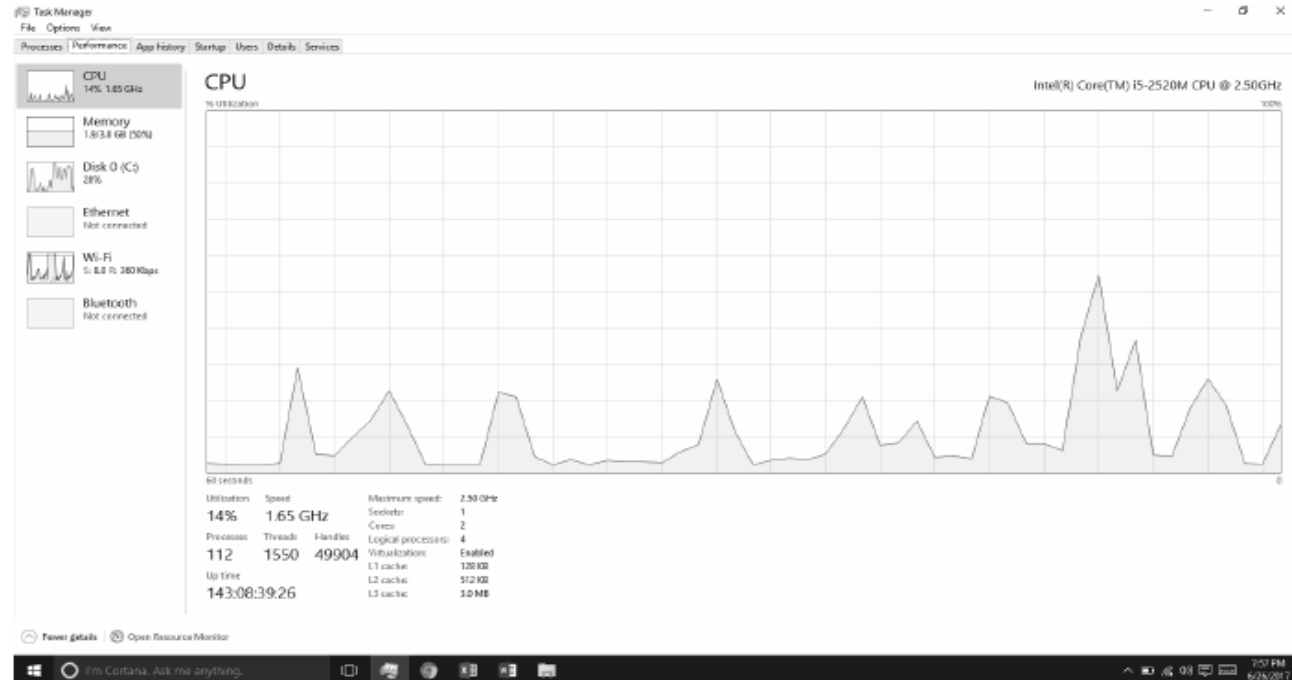
# Prestazioni

## Tracing o tracciamento

gli strumenti di tracing raccolgono i dati relativi a uno specifico evento

## Contatori

contano per esempio il numero di chiamate di sistema effettuate o il numero di operazioni eseguite su un dispositivo o su un disco di rete



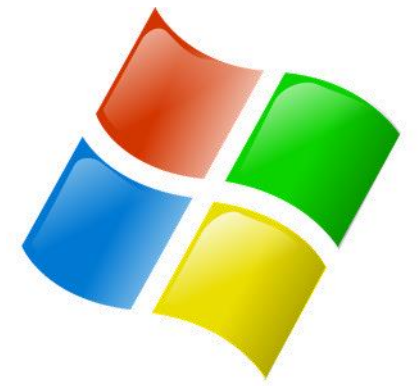
**Figura 2.19** Il task manager di Windows 10.



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI  
DELLA BASILICATA**

*Corso di Sistemi Operativi*

# Strutture dei sistemi operativi



Docente:  
**Domenico Daniele  
Bloisi**

