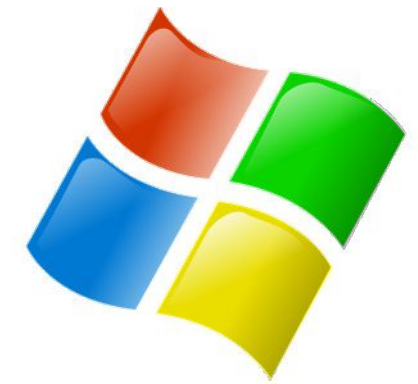




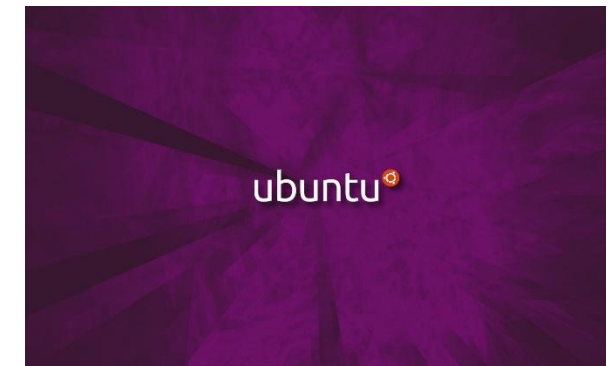
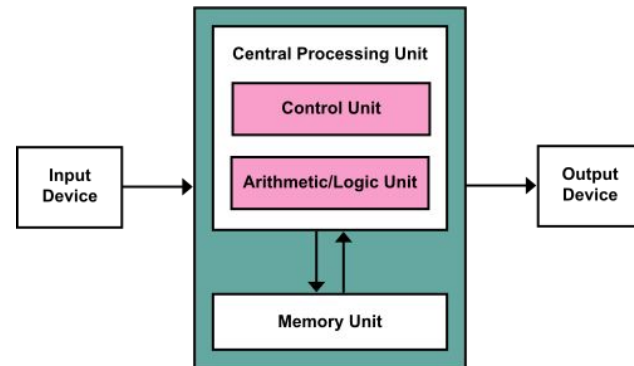
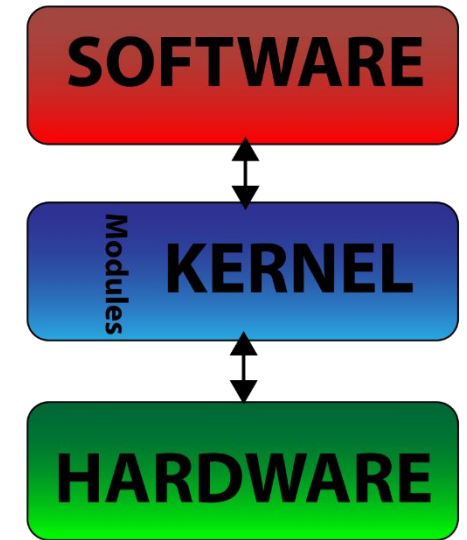
**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DELLA BASILICATA**

Corso di Sistemi Operativi



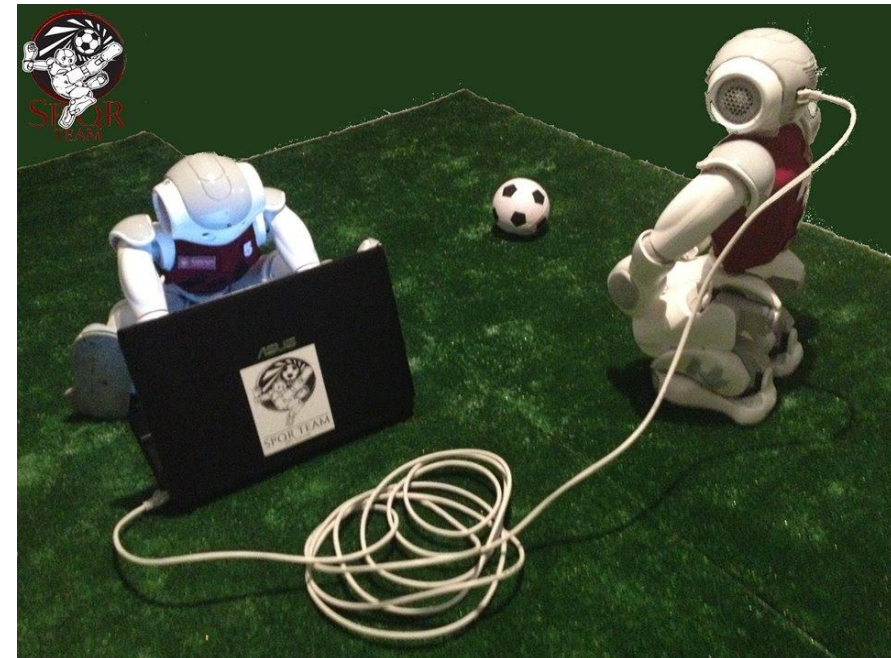
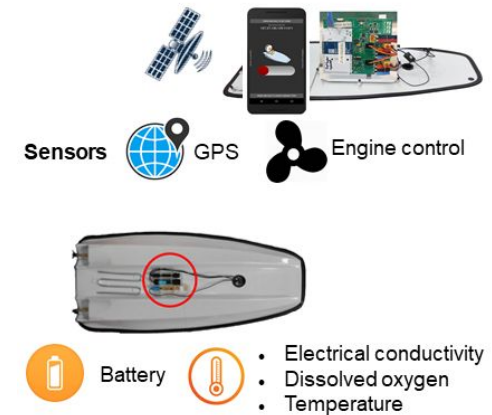
Processi

Docente:
Domenico Daniele
Bloisi



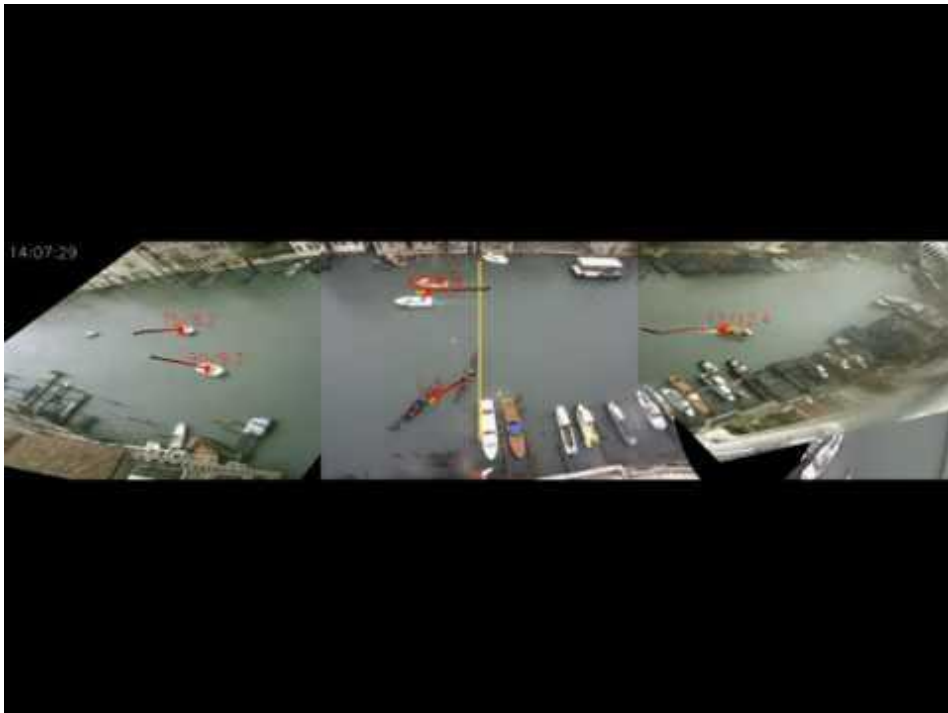
Domenico Daniele Bloisi

- Professore Associato
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>



Interessi di ricerca

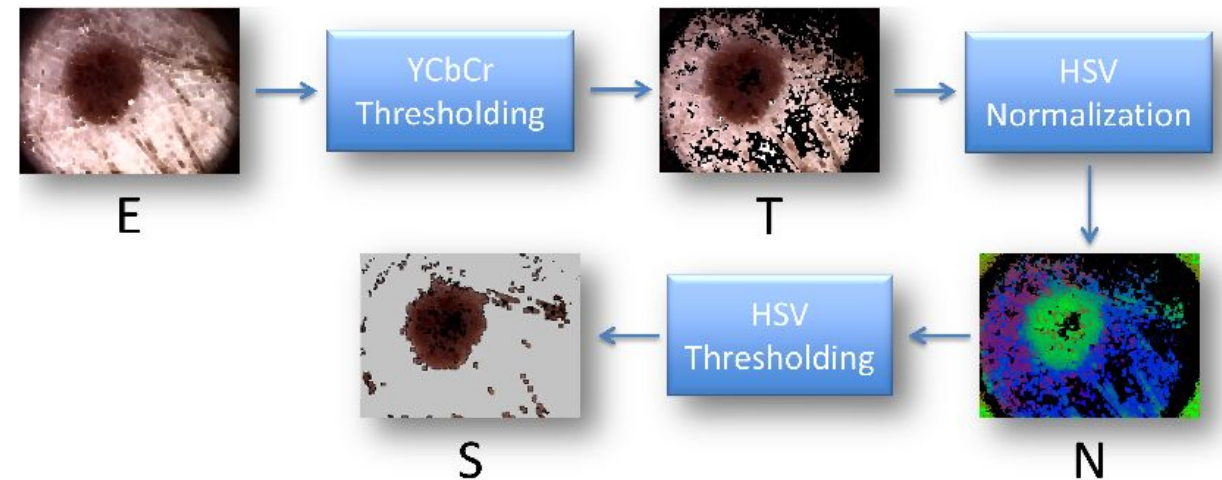
- Intelligent surveillance
- Robot vision
- Medical image analysis



https://youtu.be/9a70Ucgbi_U



<https://youtu.be/2KHNZX7UIWQ>



UNIBAS Wolves <https://sites.google.com/unibas.it/wolves>



- UNIBAS WOLVES is the robot soccer team of the University of Basilicata. Established in 2019, it is focussed on developing software for NAO soccer robots participating in RoboCup competitions.

- UNIBAS WOLVES team is twinned with SPQR Team at Sapienza University of Rome



<https://youtu.be/ji0OmkaWh20>

Informazioni sul corso

- Home page del corso:
<http://web.unibas.it/bloisi/corsi/sistemi-operativi.html>
- Docente: Domenico Daniele Bloisi
- Periodo: I semestre ottobre 2022 – gennaio 2023
 - Lunedì dalle 15:00 alle 17:00 (Aula Leonardo)
 - Martedì dalle 08:30 alle 10:30 (Aula 1)

Ricevimento

- In presenza, durante il periodo delle lezioni:
Lunedì dalle 17:00 alle 18:00 □ Edificio 3D, Il piano, stanza 15
Si invitano gli studenti a controllare regolarmente la bacheca degli avvisi per eventuali variazioni
- Tramite google Meet e 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



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

Il concetto di processo

Un **processo** è un programma in esecuzione. La struttura di un processo in memoria è generalmente suddivisa in più sezioni.

Sezione di testo

contenente il codice eseguibile

Sezione dati

contenente le variabili globali

Stack memoria temporaneamente utilizzata durante le chiamate di funzioni

Heap memoria allocata dinamicamente durante l'esecuzione del programma

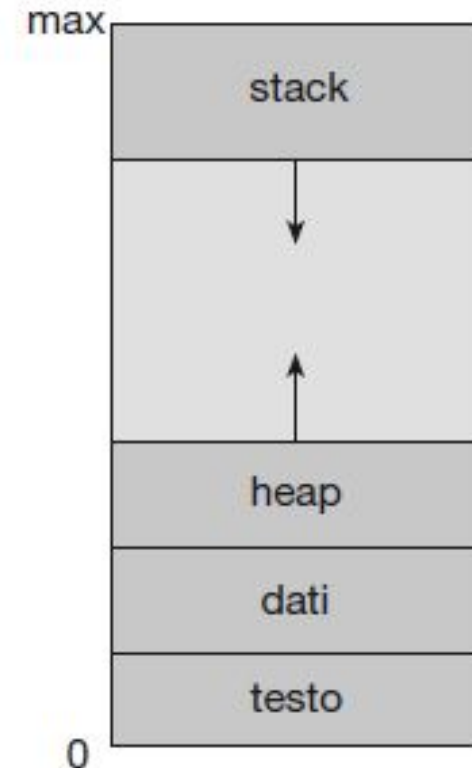


Figura 3.1 Struttura di un processo in memoria.

Stack Allocation C++

- L'allocazione avviene utilizzando blocchi di memoria **contigui**.
- La dimensione di memoria da allocare viene decisa dal compilatore in fase di compilazione.

```
int main()  
{  
    // Tutte le variabili seguenti  
    // verranno allocate nello stack  
    int v;  
    int a[5];  
    double d = 10.;  
}
```

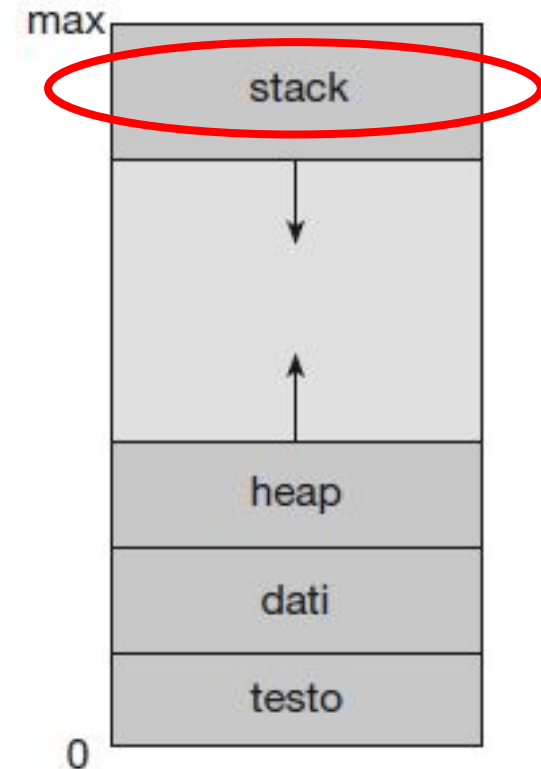


Figura 3.1 Struttura di un processo in memoria.

Heap Allocation C++

- L'allocazione avviene durante l'esecuzione delle istruzioni (**runtime memory allocation**).
- Un uso poco accorto dell'allocazione dinamica può generare **memory leak**.

```
int main()  
{  
    // La memoria per i 5 interi  
    // verrà allocata nello heap  
    int *a = new int[5];  
}
```

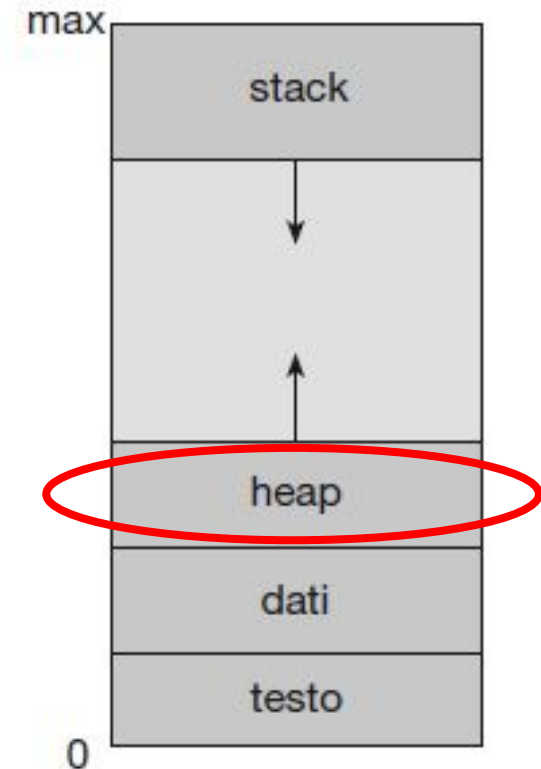


Figura 3.1 Struttura di un processo in memoria.

Stato del processo

Nuovo. Si crea il processo

Esecuzione (*running*). Le sue istruzioni vengono eseguite

Attesa (*waiting*). Il processo attende che si verifichi qualche evento

Pronto (*ready*). Il processo attende di essere assegnato a un'unità di elaborazione

Terminato. Il processo ha terminato l'esecuzione

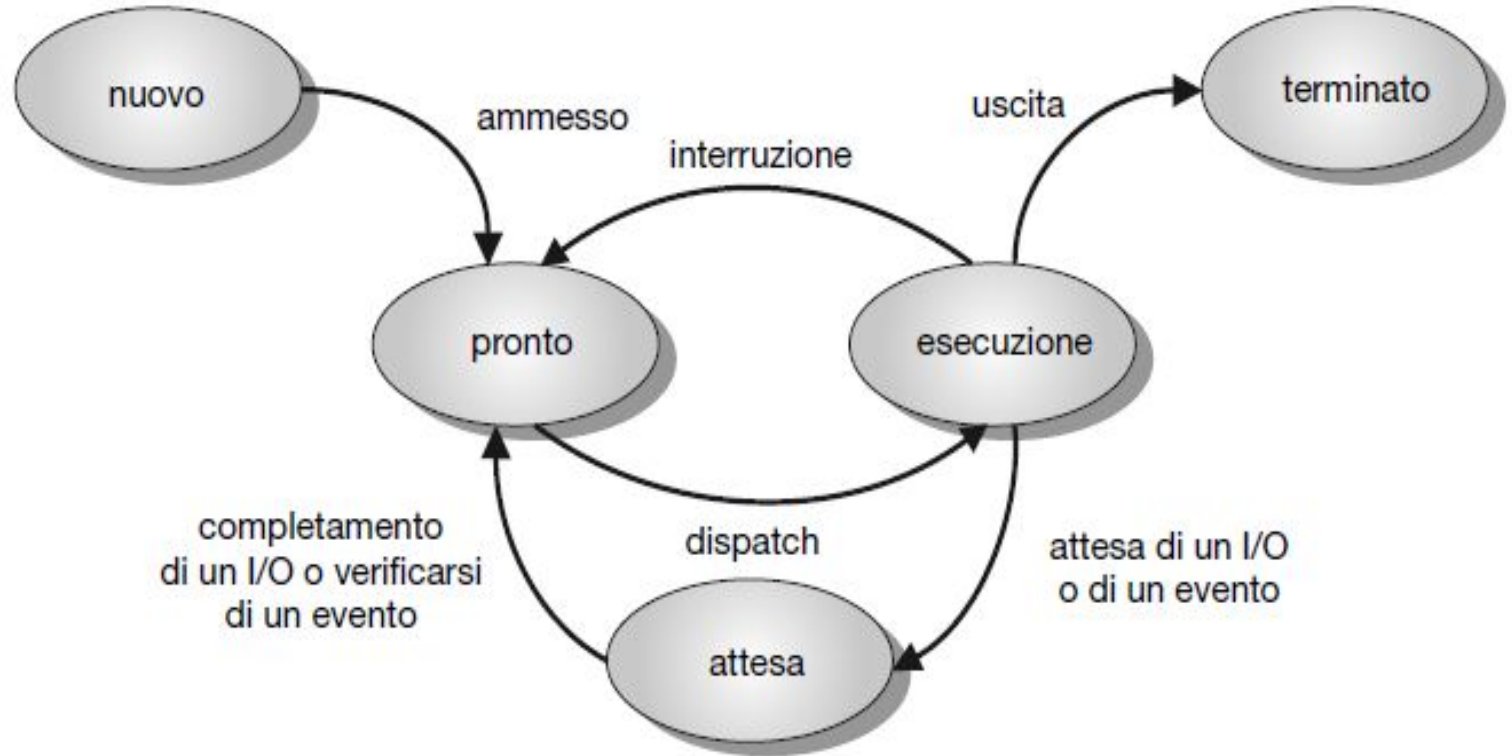


Figura 3.2 Diagramma di transizione degli stati di un processo.

Process control block (PCB)

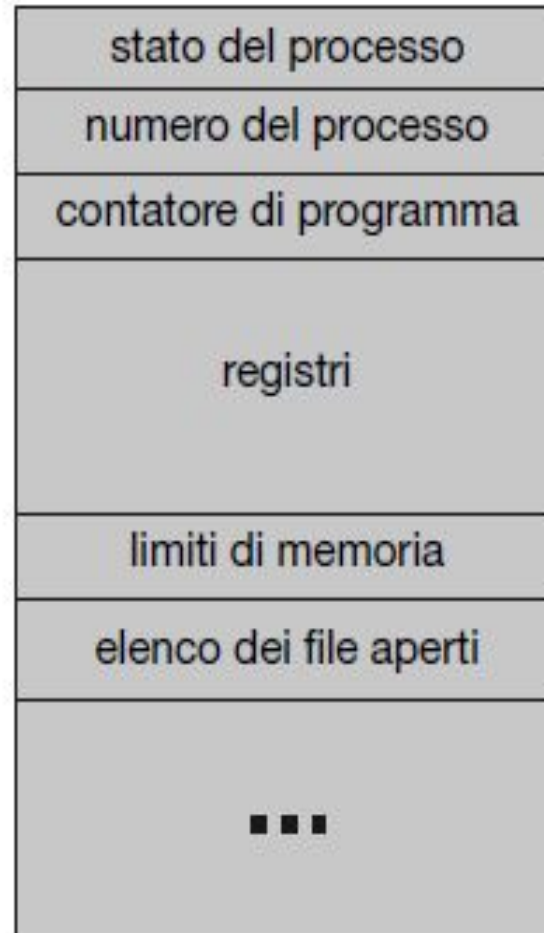
- Ogni processo è rappresentato nel sistema operativo da un **blocco di controllo** (*process control block, PCB, o task control block, TCB*)
- Il PCB contiene un insieme di informazioni connesse a un processo specifico.

Elementi del PCB

Stato del processo → nuovo, pronto, esecuzione, attesa, arresto

Contatore di programma che contiene l'indirizzo della successiva istruzione da eseguire per tale processo.

Registri della CPU → accumulatori, registri indice, puntatori alla cima dello stack (*stack pointer*), registri di uso generale e registri contenenti i codici di condizione (*condition codes*)



Inoltre:

- **Informazioni sullo scheduling di CPU**
- **Informazioni sulla gestione della memoria**
- **Informazioni di accounting e sullo stato dell'I/O**

Figura 3.3 Blocco di controllo di un processo (PCB).

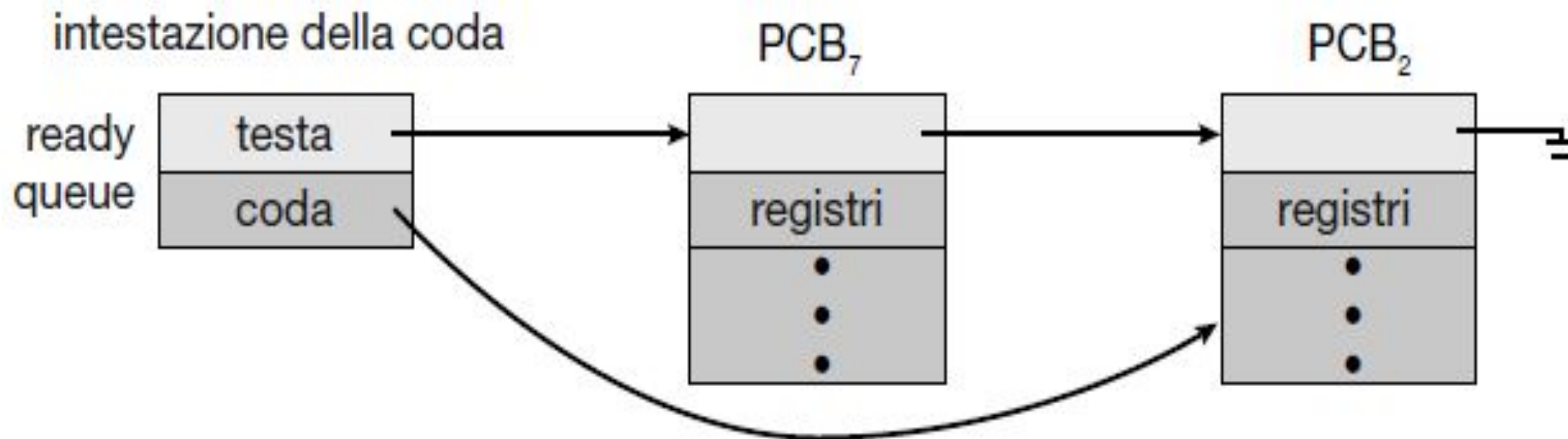
Scheduling dei processi

Lo **scheduler dei processi** seleziona un processo da eseguire dall'insieme di quelli disponibili.

- **Processo I/O bound** → impiega la maggior parte del proprio tempo nell'esecuzione di operazioni di I/O
- **Processo CPU bound** → impiega la maggior parte del proprio tempo nelle elaborazioni

Ready queue

Ogni processo è inserito in una **coda di processi pronti** e in attesa di essere eseguiti, detta **coda dei processi pronti** (*ready queue*).



Wait queue

I processi in attesa di un determinato evento vengono collocati in una **coda di attesa** (*wait queue*)

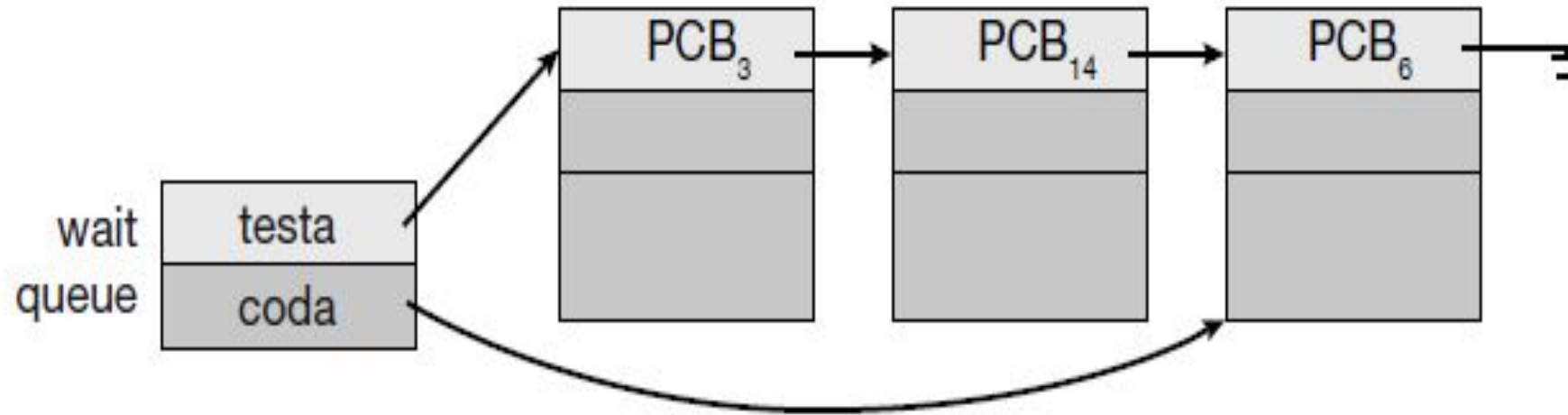


Diagramma di accodamento

Una comune rappresentazione dello scheduling dei processi è data da un **diagramma di accodamento**

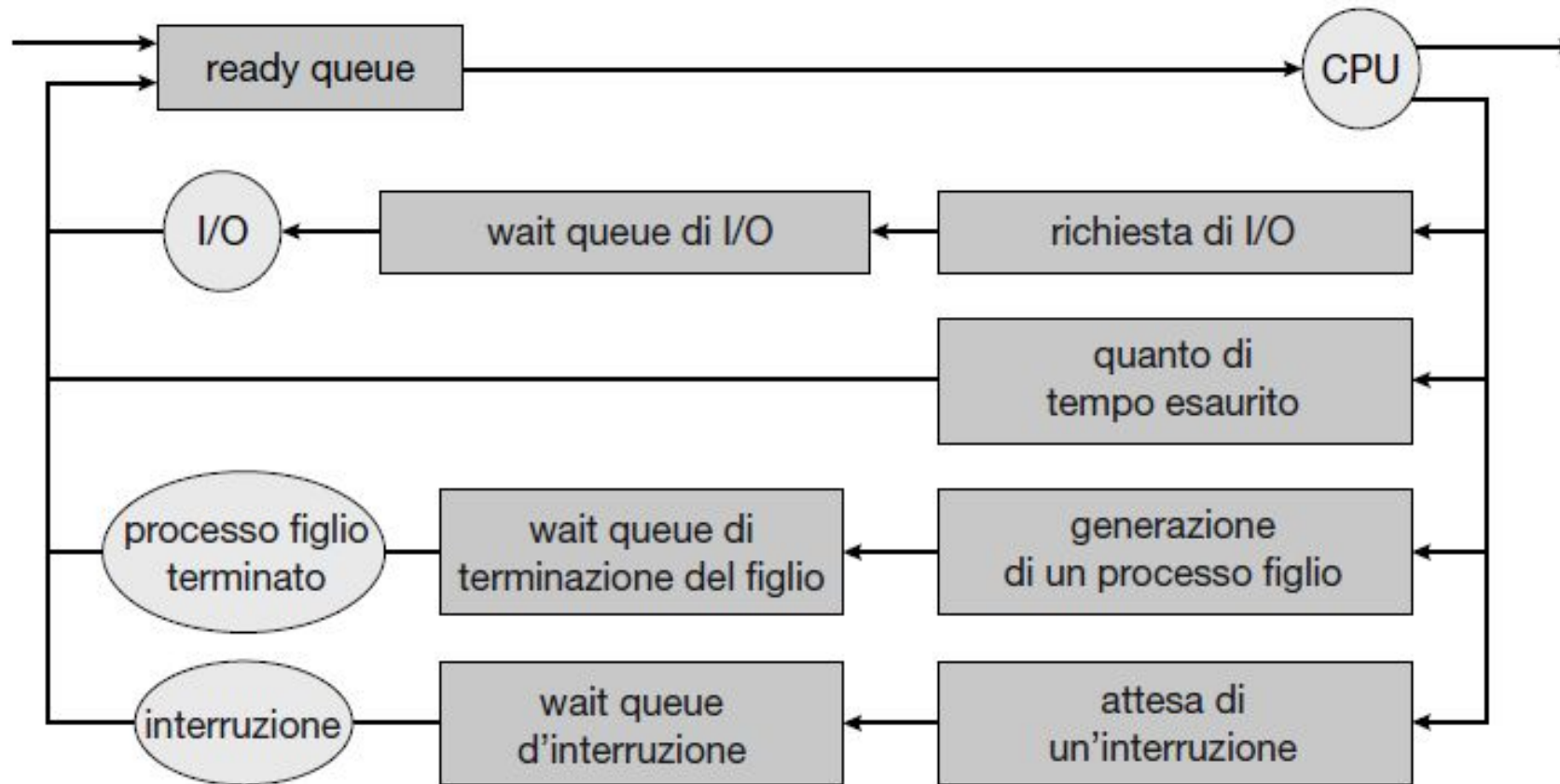


Figura 3.5 Diagramma di accodamento per lo scheduling dei processi.

Context switch

- In presenza di una **interruzione** (o di una **system call**), il sistema deve salvare il **contesto del processo corrente**, per poterlo poi ripristinare quando il processo stesso potrà ritornare in esecuzione
- Si esegue un **salvataggio dello stato** e, in seguito, un corrispondente **ripristino dello stato**
- Tale procedura è detta **cambio di contesto**

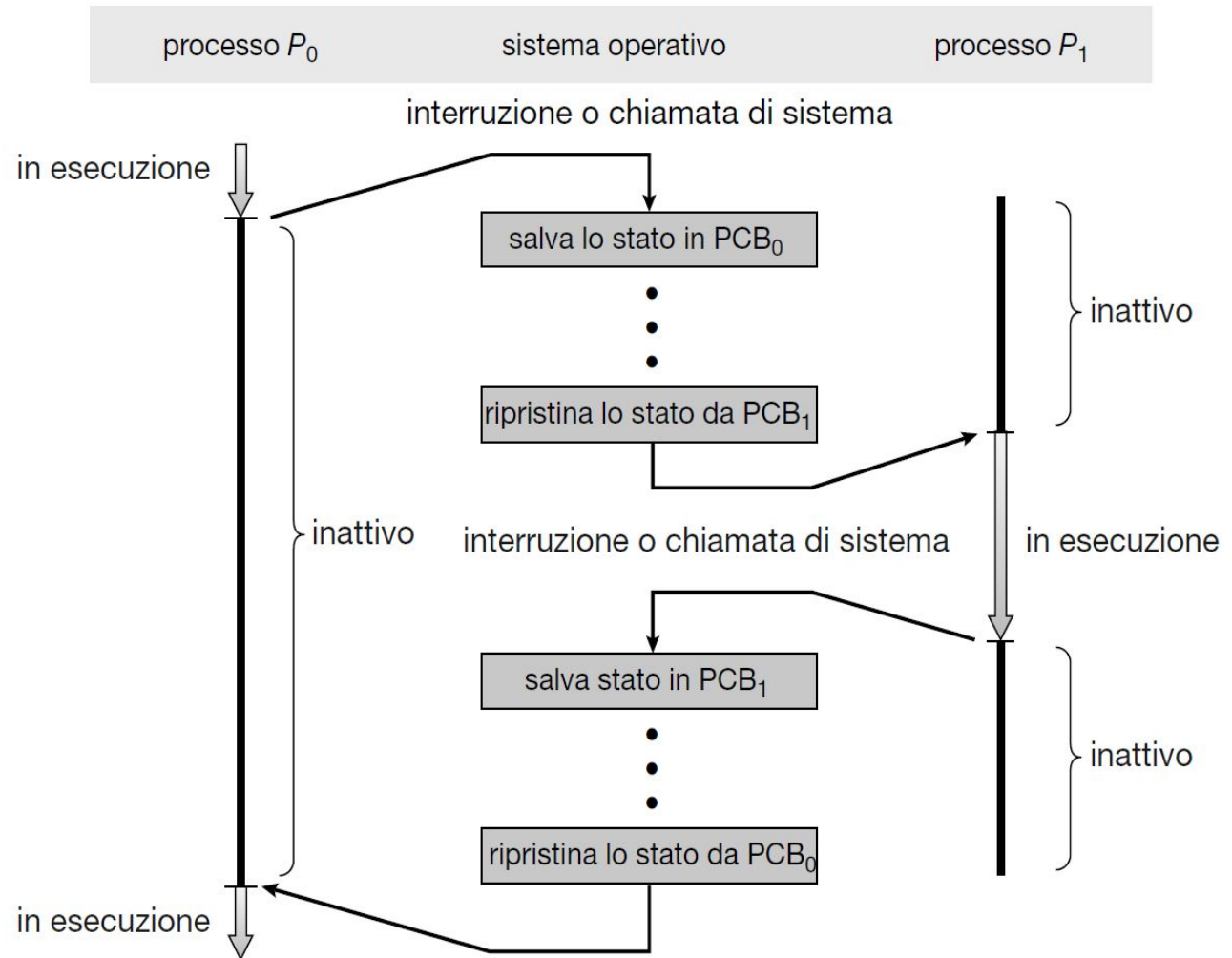
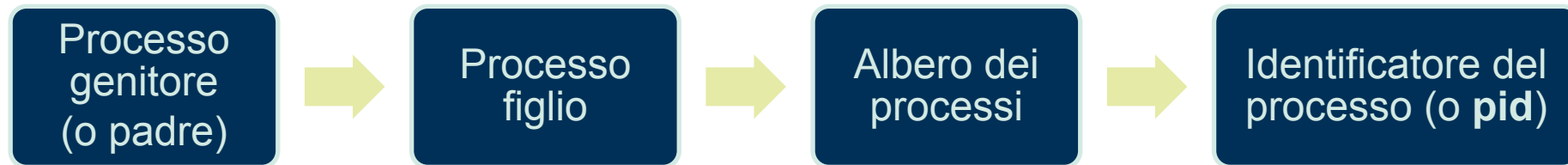


Figura 3.6 Diagramma di cambio di contesto.

Operazioni sui processi

Creazione dei processi



Albero dei processi

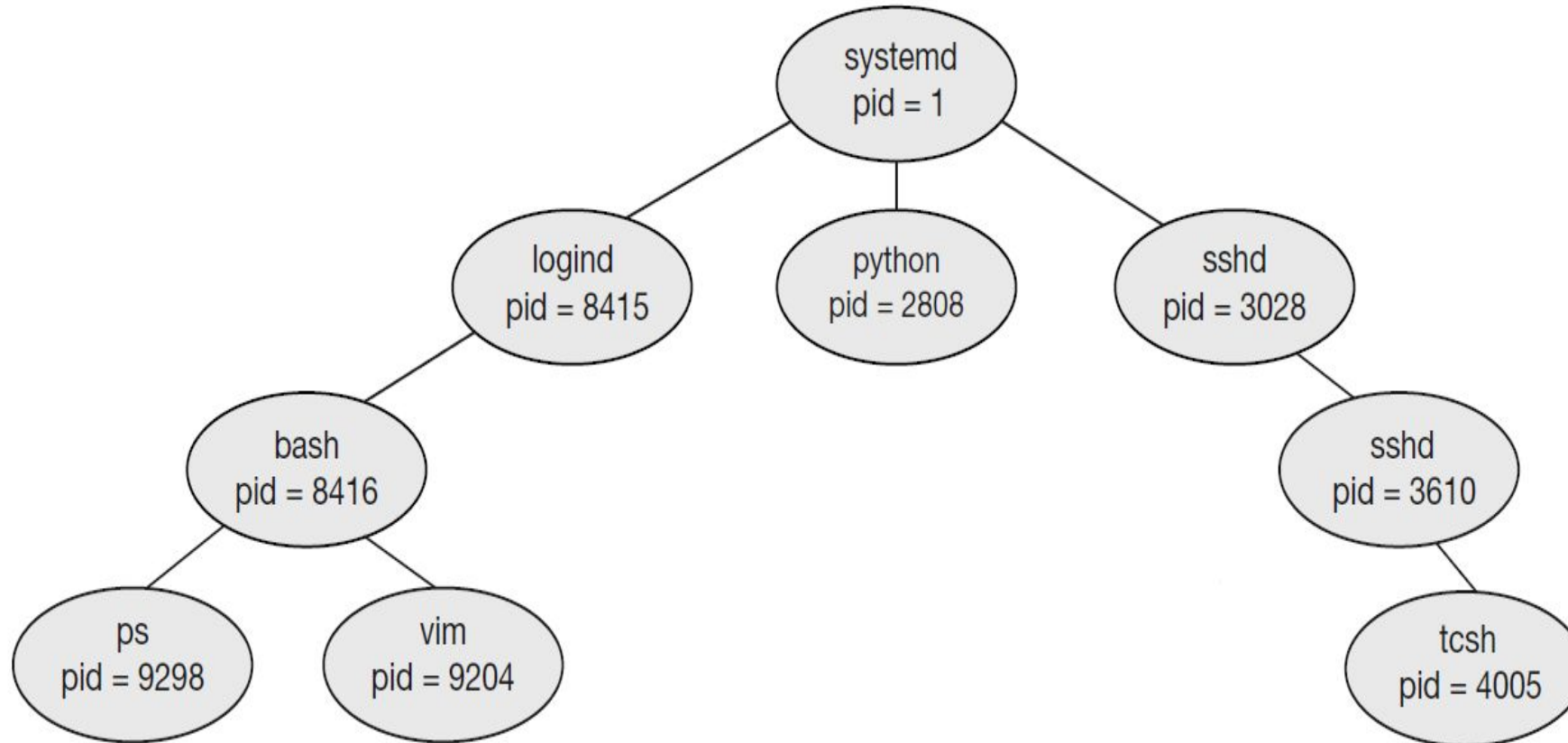


Figura 3.7 Esempio di albero dei processi di un tipico sistema Linux.

fork() - UNIX

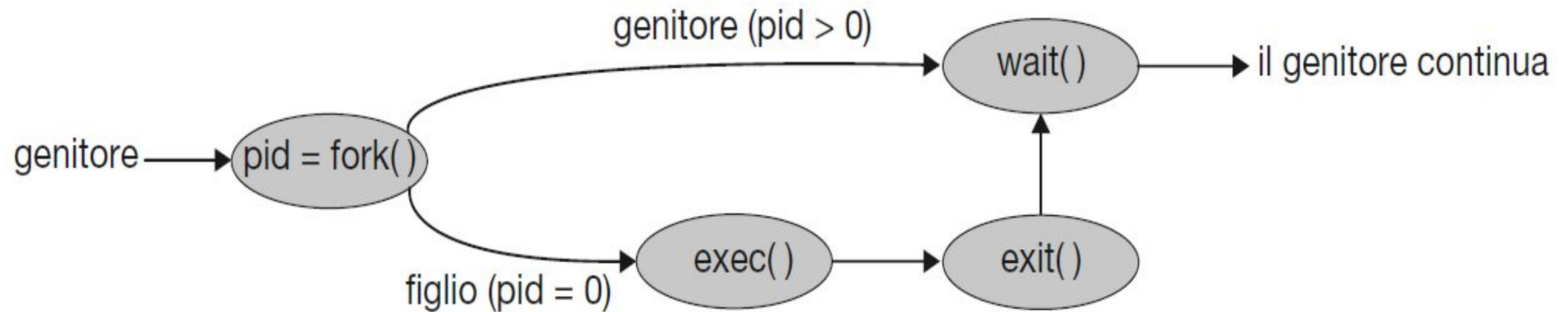


Figura 3.9 Creazione di un processo utilizzando la chiamata di sistema `fork()`.

Esempio fork() - UNIX

```
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <sys/types.h>
#include <sys/wait.h>
```

```
int main()
{
```

```
    pid_t pid;
```

```
    /* fork a child process */
    pid = fork();
```

```
    if (pid < 0) { /* error occurred */
        fprintf(stderr, "Fork Failed\n");
        return 1;
    }
```

```
    else if (pid == 0) { /* child process */
        printf("I am the child %d\n",pid);
        execlp("/bin/ls","ls",NULL);
    }
```

```
    else { /* parent process */
        /* parent will wait for the child to complete */
        printf("I am the parent %d\n",pid);
        wait(NULL);
```

```
        printf("Child Complete\n");
    }
```

```
    return 0;
```

```
}
```

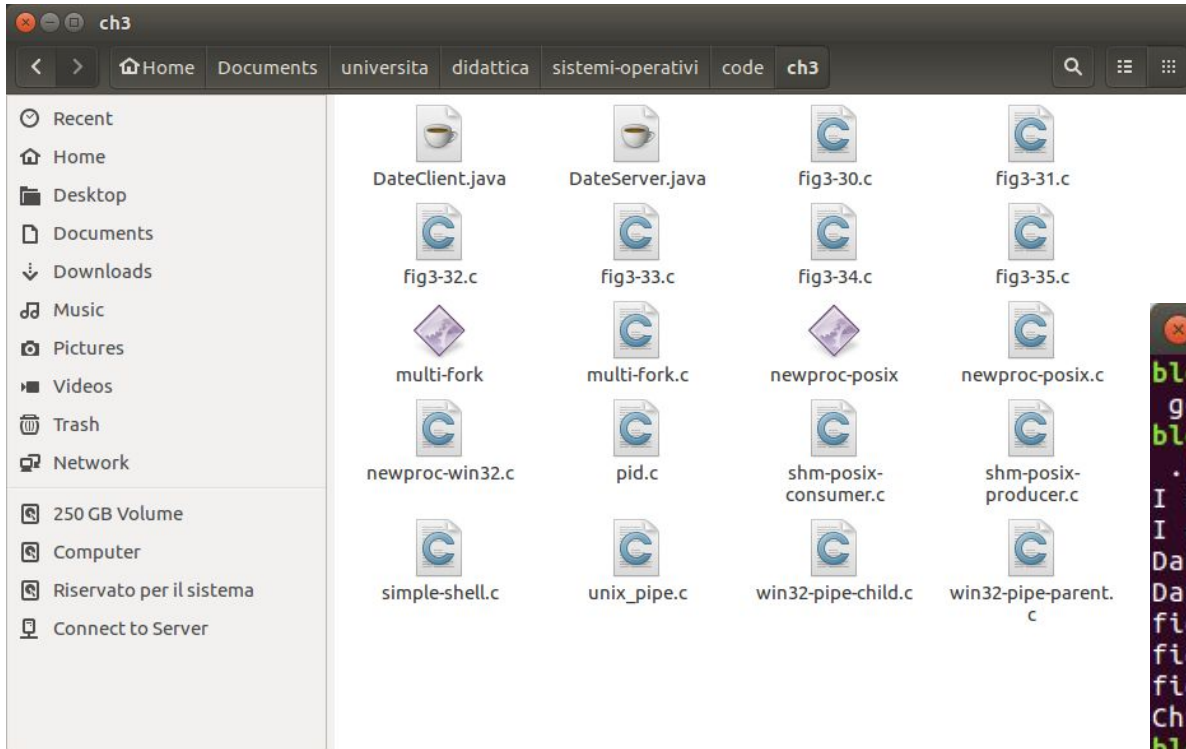
Creazione del processo figlio

Gestione di un eventuale errore nella creazione del processo figlio

Istruzioni per il processo figlio

Istruzioni per il processo padre

Esecuzione dell'esempio fork()



```
bloisi@bloisi-U36SG: ~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3$
gcc -o newproc-posix newproc-posix.c
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3$
./newproc-posix
I am the parent 3228
I am the child 0
DateClient.java  fig3-33.c      newproc-posix      shm-posix-producer.c
DateServer.java  fig3-34.c      newproc-posix.c    simple-shell.c
fig3-30.c        fig3-35.c      newproc-win32.c    unix_pipe.c
fig3-31.c        multi-fork     pid.c              win32-pipe-child.c
fig3-32.c        multi-fork.c   shm-posix-consumer.c win32-pipe-parent.c
Child Complete
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3$
```

createProcess() Windows

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

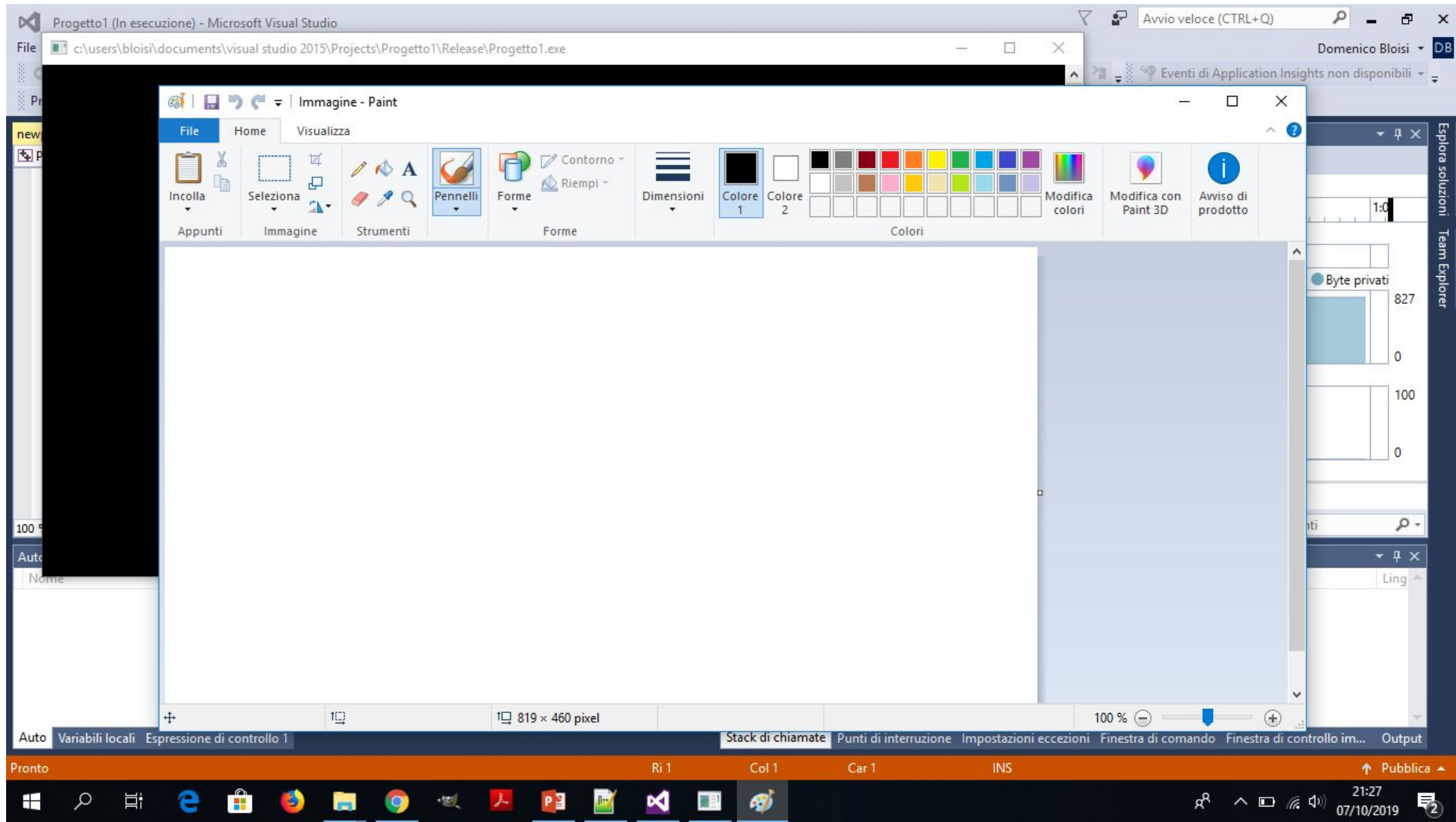
int main(VOID)
{
    STARTUPINFO si;
    PROCESS_INFORMATION pi;

    /* alloca la memoria */
    ZeroMemory(&si, sizeof(si));
    si.cb = sizeof(si);
    ZeroMemory(&pi, sizeof(pi));

    /* genera processo figlio */
    if (!CreateProcess(NULL, /* usa riga di comando */
        "C:\\WINDOWS\\system32\\mspaint.exe", /* riga di comando */
        NULL, /* non eredita l'handle del processo */
        NULL, /* non eredita l'handle del thread */
        FALSE, /* disattiva l'ereditarieta' degli handle */
        0, /*nessun flag di creazione */
        NULL, /* usa il blocco ambiente del genitore */
        NULL, /* usa la directory esistente del genitore */
        &si,
        &pi))
    {
        fprintf(stderr, "generazione del nuovo processo fallita");
        return -1
    }
    /* il genitore attende il completamento del figlio */
    WaitForSingleObject(pi.hProcess, INFINITE);
    printf("il processo figlio ha terminato");

    /* rilascia gli handle */
    CloseHandle(pi.hProcess);
    CloseHandle(pi.hThread);
}
```


createProcess() - Windows



Terminazione dei processi

Un processo termina quando finisce l'esecuzione della sua ultima istruzione e inoltra la richiesta al sistema operativo di essere cancellato usando la **chiamata di sistema exit()**

Un processo genitore può porre termine all'esecuzione di uno dei suoi processi figli per diversi motivi:

Il processo figlio ha ecceduto nell'uso di alcune tra le risorse che gli sono state assegnate

Il compito assegnato al processo figlio non è più richiesto

Il processo genitore termina e il sistema operativo non consente a un processo figlio di continuare l'esecuzione in tale circostanza

Gerarchia dei processi Android



Interprocess communication (IPC)

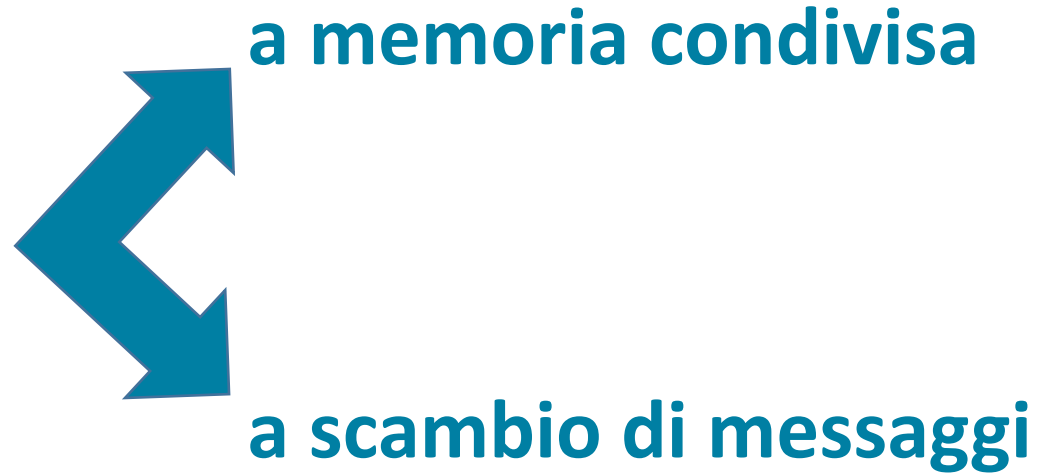
Un ambiente che consenta la *comunicazione tra processi (IPC, Interprocess Communication)* può essere utile per diverse ragioni



- 1. Condivisione di informazioni**
- 2. Velocizzazione del calcolo**
- 3. Modularità**

Modelli di comunicazione tra processi

I modelli
fondamentali della
*comunicazione tra
processi*



- Nei sistemi operativi sono diffusi entrambi i modelli
- Spesso coesistono in un unico sistema

Memoria condivisa vs. Scambio di messaggi

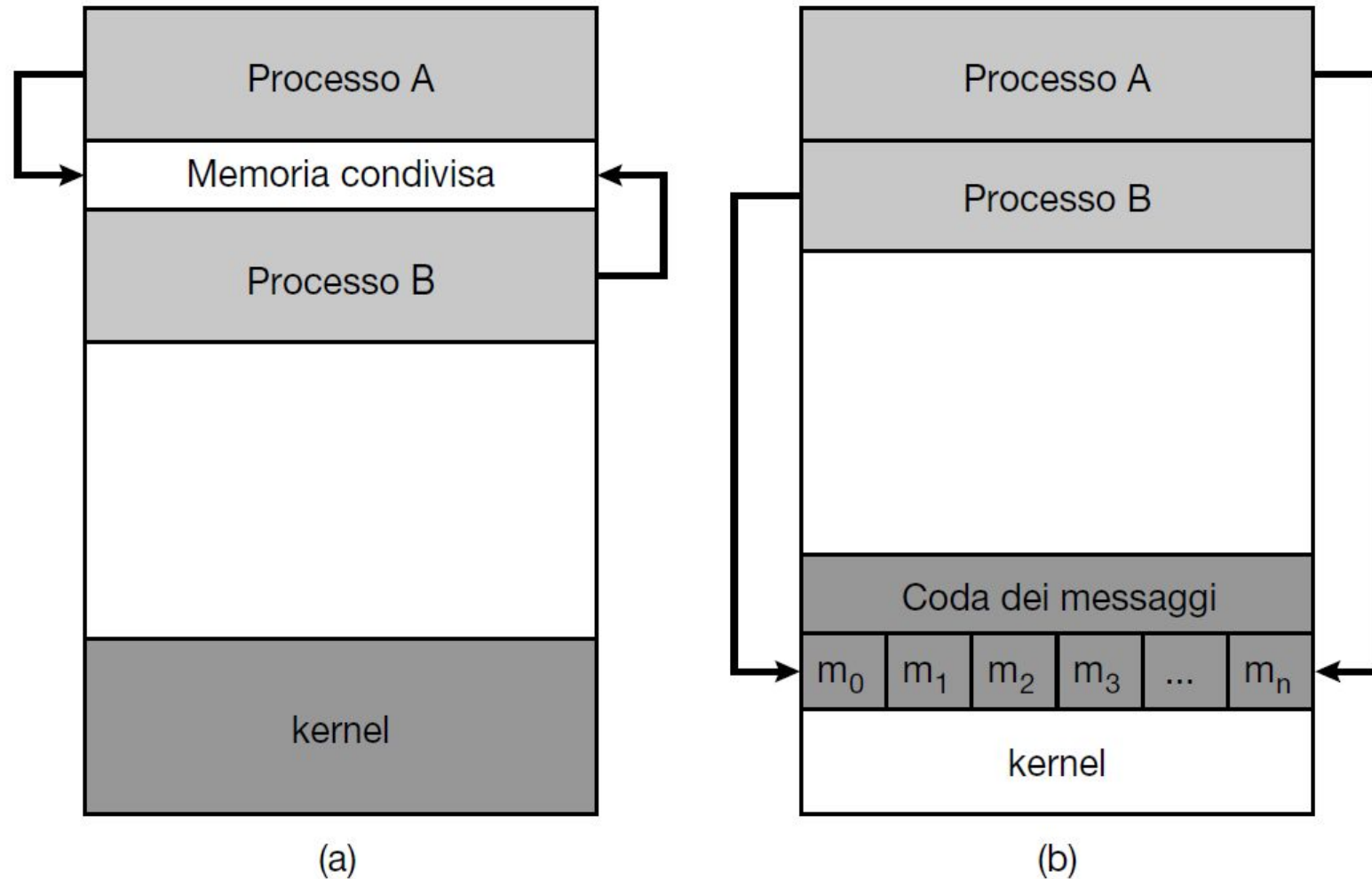


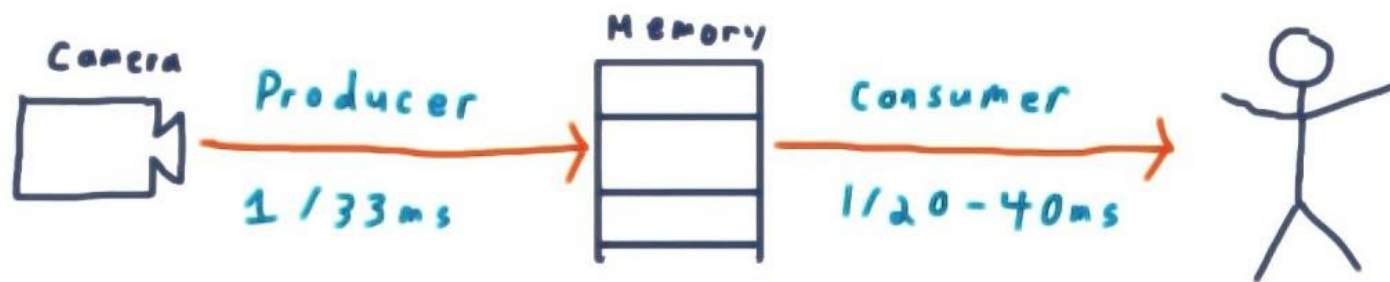
Figura 3.11 Modelli di comunicazione. (a) Memoria condivisa. (b) Scambio di messaggi.

IPC in sistemi a memoria condivisa

PROBLEMA DEL PRODUTTORE/CONSUMATORE

- Utile per illustrare il concetto di cooperazione tra processi
- Un processo **produttore** produce informazioni che sono consumate da un processo **consumatore**

Producer - Consumer Pattern



Produttore con memoria condivisa

```
item next_produced;
while (true) {
    /* produce un elemento in next_produced */
    while (((in + 1) % BUFFER_SIZE) == out); /* non fa niente */
    buffer[in] = next_produced;
    in = (in + 1) % BUFFER_SIZE;
}
```

Figura 3.12 Processo produttore con l'uso della memoria condivisa.

Consumatore con memoria condivisa

```
item next_consumed;

while (true) {
    while (in == out)
        ; /* non fa niente */
    next_consumed = buffer[out];
    out = (out + 1) % BUFFER_SIZE;

    /* consuma l'elemento in next_consumed */
}
```

Figura 3.13 Processo consumatore con l'utilizzo della memoria condivisa.

IPC in sistemi a scambio di messaggi

Lo **scambio di messaggi** è un meccanismo che permette a due o più processi di comunicare e di sincronizzarsi senza bisogno di condividere lo stesso spazio di indirizzi.

È una tecnica particolarmente utile negli ambienti distribuiti, dove i processi possono risiedere su macchine diverse connesse da una rete → **web chat**

Il canale di comunicazione

La tipologia di canale di comunicazione scelta permette di ottenere differenti implementazioni per il modello a scambio di messaggi



comunicazione diretta o
indiretta

gestione automatica o
esplicita del buffer

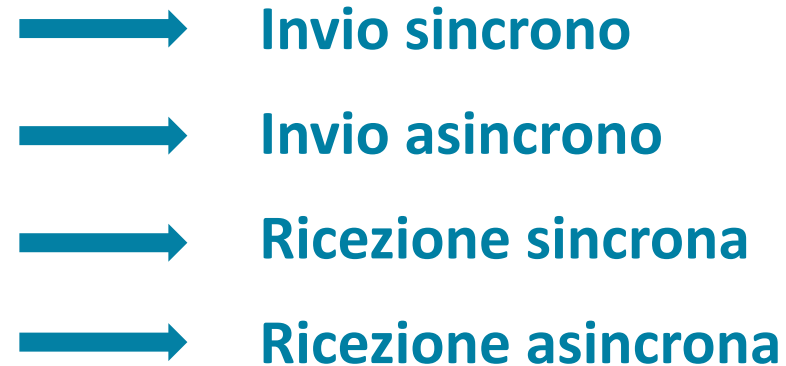
comunicazione sincrona
o asincrona

Sincronizzazione tra processi

La comunicazione tra processi avviene attraverso chiamate delle primitive `send()` e `receive()`

Lo scambio di messaggi può essere

- **sincrono (o bloccante)**
- **asincrono (o non bloccante)**



Produttore con scambio di messaggi

```
message next_produced;

while (true) {
    /* produce un elemento in next_produced */

    send(next_produced);
}
```

Figura 3.14 Processo produttore con l'utilizzo dello scambio di messaggi.

Consumatore con scambio di messaggi

```
message next_consumed;

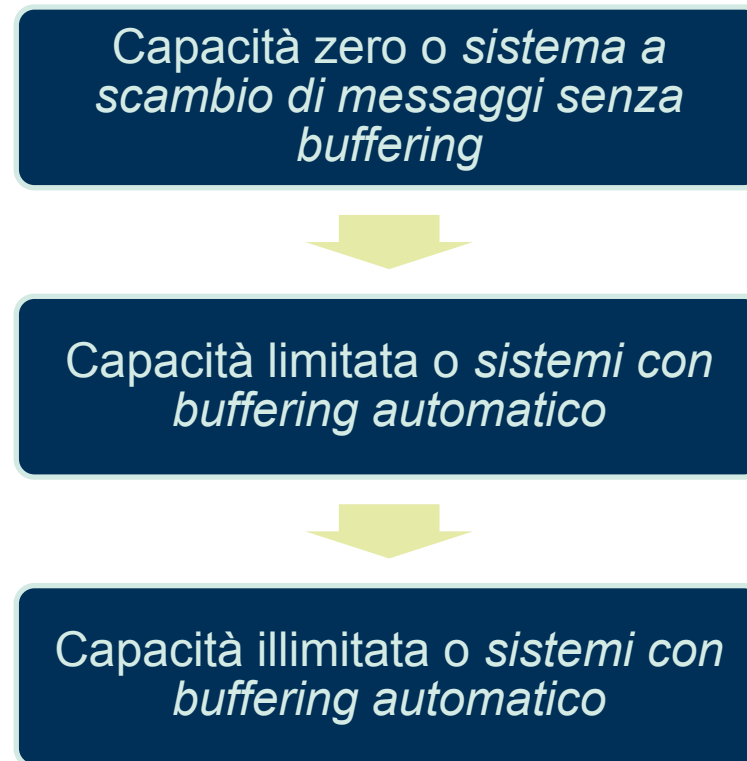
while (true) {
    receive(next_consumed);

    /* consuma l'elemento in next_consumed */
}
}
```

Figura 3.15 Processo consumatore con l'utilizzo dello scambio di messaggi.

Code di messaggi

- I messaggi scambiati tra processi comunicanti risiedono in **code** temporanee.
- Esistono tre modi per realizzare queste code:



Esempi di sistemi IPC (comunicazione tra processi)

1. La API POSIX basata sulla memoria condivisa

2. Lo scambio di messaggi nel sistema operativo Mach

3. La comunicazione fra processi in Windows

4. Le pipe, canali di comunicazione tra processi

Codice POSIX produttore/consumatore

Vedremo ora il codice POSIX di due programmi che usano la **memoria condivisa** per implementare il modello produttore-consumatore.

Il produttore definisce un oggetto memoria condivisa e scrive sulla memoria condivisa, il consumatore legge dalla memoria condivisa.

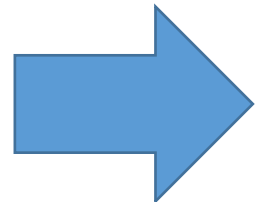
Produttore - memoria condivisa - POSIX

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>
#include <fcntl.h>
#include <sys/shm.h>
#include <sys/stat.h>

#include <sys/mman.h>

int main()

{
/* dimensione, in byte, dell'oggetto memoria condivisa */
const int SIZE 4096;
/* nome dell'oggetto memoria condivisa */
const char *name = "OS";
/* stringa scritta nella memoria condivisa */
const char *message_0 = "Hello";
const char *message_1 = "World!";
```



Produttore - memoria condivisa - POSIX

```
/* descrittore del file di memoria condivisa */
int fd;
/* puntatore all'oggetto memoria condivisa */
char *ptr;

/* crea l'oggetto memoria condivisa */
fd = shm_open(name, O_CREAT | O_RDWR, 0666);

/* configura la dimensione dell'oggetto memoria condivisa */
ftruncate(fd, SIZE);

/* mappa in memoria l'oggetto memoria condivisa */
ptr = (char *)
    mmap(0, SIZE, PROT_READ | PROT_WRITE, MAP_SHARED, fd, 0);

/* scrive sull'oggetto memoria condivisa */
sprintf(ptr, "%s", message_0);
ptr += strlen(message_0);
sprintf(ptr, "%s", message_1);
ptr += strlen(message_1);

return 0;
}
```

Figura 3.16 Processo produttore che illustra l'API per la memoria condivisa POSIX.

Produttore - memoria condivisa - POSIX

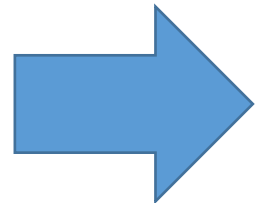
```
bloisi@bloisi-U36SG: ~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3$
gcc -o shm-posix-producer shm-posix-producer.c -lrt
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3$
./shm-posix-producer
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3$
█
```

Consumatore - memoria condivisa - POSIX

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <fcntl.h>
#include <sys/shm.h>
#include <sys/stat.h>

#include <sys/mman.h>

int main()
{
    /* dimensione, in byte, dell'oggetto memoria condivisa */
    const int SIZE 4096;
    /* nome dell'oggetto memoria condivisa */
    const char *name = "OS";
    /* descrittore del file di memoria condivisa */
    int fd;
    /* puntatore all'oggetto memoria condivisa */
    void *ptr;
```



Consumatore - memoria condivisa - POSIX

```
/* apre l'oggetto memoria condivisa */
fd = shm_open(name, O_RDONLY, 0666);

/* mappa in memoria l'oggetto memoria condivisa */
ptr = (char *)
    mmap(0, SIZE, PROT_READ | PROT_WRITE, MAP_SHARED, fd, 0);

/* legge dall'oggetto memoria condivisa */
printf("%s", (char *)ptr);

/* rimuove l'oggetto memoria condivisa */
shm_unlink(name);

return 0;
}
```

Figura 3.17 Processo consumatore che illustra l'API per la memoria condivisa POSIX.

Consumatore - memoria condivisa - POSIX

```
bloisi@bloisi-U36SG: ~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3$
gcc -o shm-posix-consumer shm-posix-consumer.c -lrt
bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/didattica/sistemi-operativi/code/ch3$
./shm-posix-consumer
Studying Operating Systems Is Fun!bloisi@bloisi-U36SG:~/Documents/universita/did
attica/sistemi-operativi/code/ch3$
```

Esempio - scambio messaggi - Mach

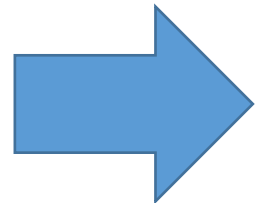
```
#include<mach/mach.h>

struct message {
    mach_msg_header_t header;
    int data;
};

mach_port_t client;
mach_port_t server;

    /* Codice del client */
struct message message;

// costruisce l'intestazione
message.header.msgh_size = sizeof(message);
message.header.msgh_remote_port = server;
message.header.msgh_local_port = client;
```



Esempio - scambio messaggi - Mach

```
// invia il messaggio
mach_msg(&message.header, // intestazione del messaggio
        MACH_SEND_MSG, // invia un messaggio
        sizeof(message), // dimensione del messaggio spedito
        0, // dimensione massima del messaggio ricevuto – non necessario
        MACH_PORT_NULL, // nome della porta di ricezione - non necessario
        MACH_MSG_TIMEOUT_NONE, // nessun timeout
        MACH_PORT_NULL // nessuna porta di notifica
);

        /* Codice del server */

struct message message;

// riceve un messaggio
mach_msg(&message.header, // intestazione del messaggio
        MACH_RCV_MSG, // riceve un messaggio
        0, // dimensione del messaggio spedito
        sizeof(message), // dimensione massima del messaggio ricevuto
        server, // nome della porta di ricezione
        MACH_MSG_TIMEOUT_NONE, // nessun timeout
        MACH_PORT_NULL // nessuna porta di notifica
);
```

Figura 3.18 Esempio di scambio di messaggi in Mach.

Windows – Comunicazione tra processi

La funzione di scambio di messaggi di Windows è detta **chiamata di procedura locale avanzata** (*advanced local procedure call, ALPC*)

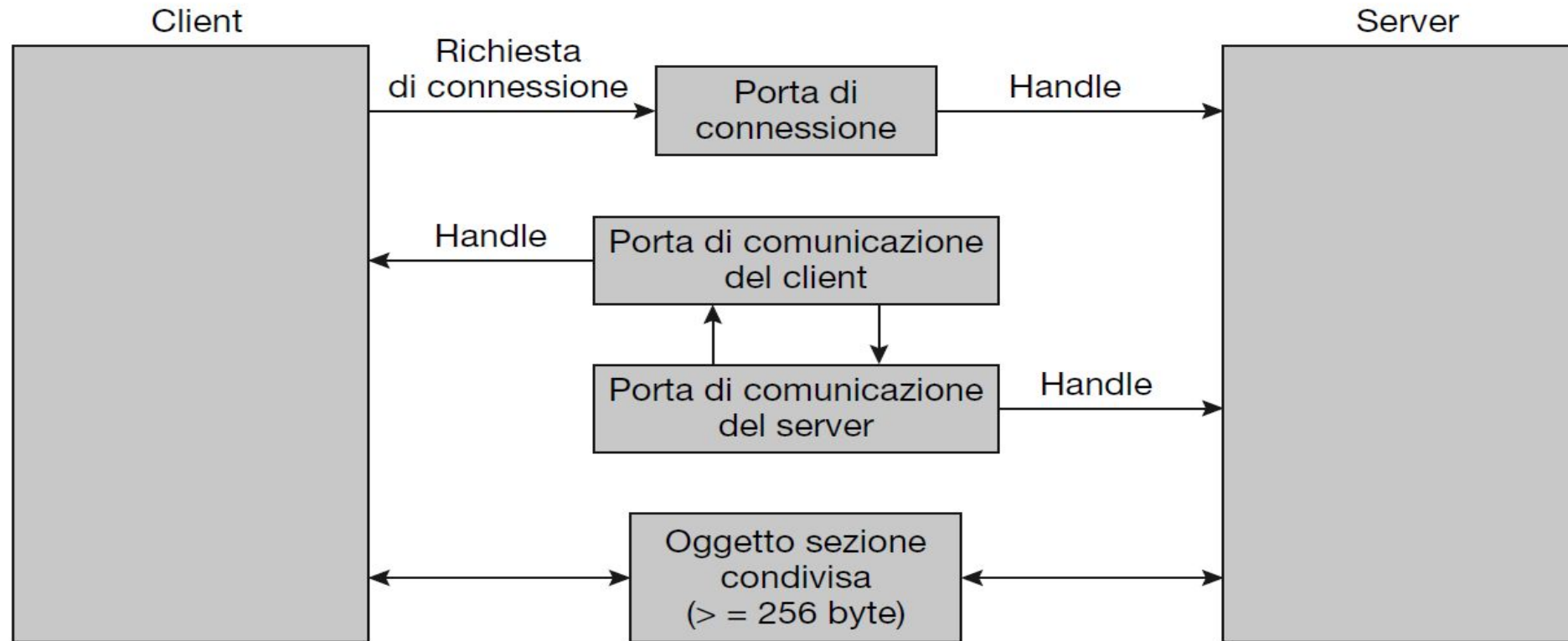


Figura 3.19 Chiamate di procedura locale avanzate in Windows.

Pipe convenzionali

- Una **pipe** agisce come canale di comunicazione tra processi.
- Le **pipe convenzionali** permettono a due processi di comunicare secondo una modalità standard chiamata del **produttore-consumatore**

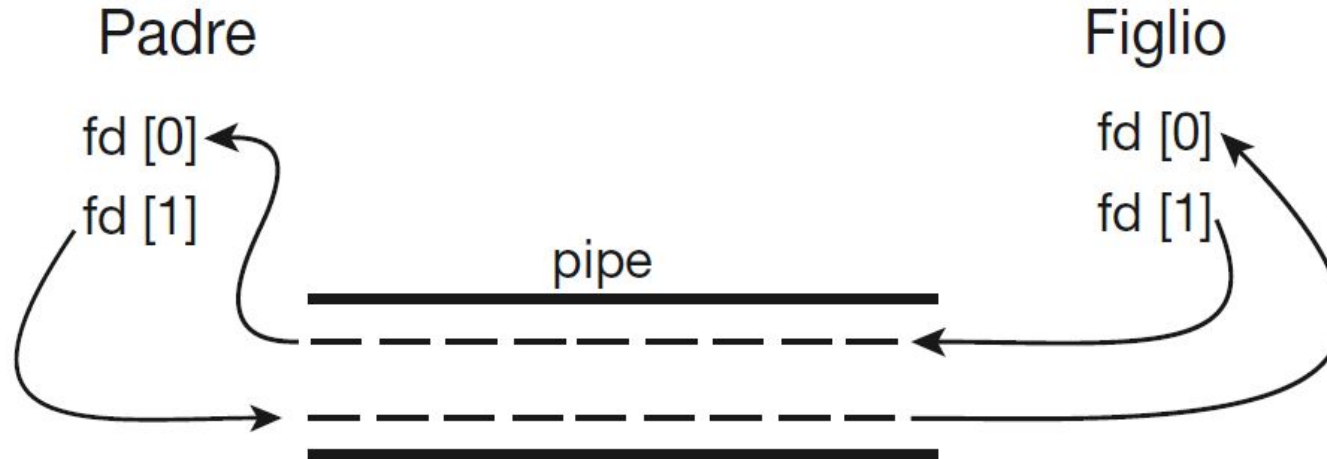


Figura 3.20 Descrittori di file per una pipe convenzionale.

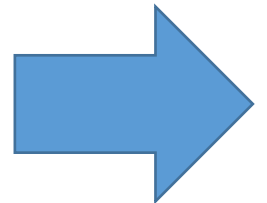
Pipe convenzionali UNIX

```
#include <sys/types.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include <unistd.h>

#define _BUFFER_SIZE 25
#define _READ_END 0
#define _WRITE_END 1

int main(void)
{
char write_msg[_BUFFER_SIZE] = "Greetings";
char read_msg[_BUFFER_SIZE];
int fd[2];
pid_t pid;
```

In questo programma, il processo padre crea una **pipe** e in seguito esegue una chiamata `fork()`, generando un processo figlio.



Pipe convenzionali UNIX

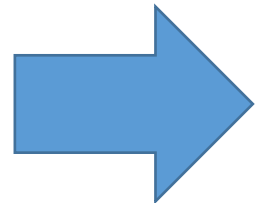
```
/* crea la pipe */
if (pipe(fd) == -1) {
    fprintf(stderr, "Pipe failed");
    return 1;
}

/* crea tramite fork un processo figlio */
pid = fork();

if (pid < 0) { /* errore */
    fprintf(stderr, "Fork Failed");
    return 1;
}

if (pid > 0) { /* processo padre */
    /* chiude l'estremità inutilizzata della pipe */
    close(fd[READ_END]);

    /* scrive sulla pipe */
    write(fd[WRITE_END], write_msg, strlen(write_msg)+1);
}
```



Pipe convenzionali UNIX

```
/* chiude l'estremità della pipe dedicata alla scrittura */
close(fd[WRITE_END]);

}
else { /* processo figlio */
    /* chiude l'estremità inutilizzata della pipe */
    close(fd[WRITE_END]);

    /* legge dalla pipe */
    read(fd[READ_END], read_msg, BUFFER_SIZE);
    printf("read %s", read_msg);

    /* chiude l'estremità della pipe dedicata alla lettura */
    close(fd[READ_END]);
}

return 0;
}
```

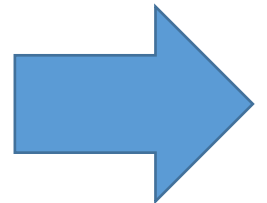
Pipe anonime Windows

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

#define BUFFER_SIZE 25

int main(VOID)
{
HANDLE ReadHandle, WriteHandle;
STARTUPINFO si;
PROCESS_INFORMATION pi;
char message[BUFFER_SIZE] = "Greetings";
DWORD written;
```

In questo programma, il processo padre crea una **pipe anonima** per comunicare con il proprio figlio.



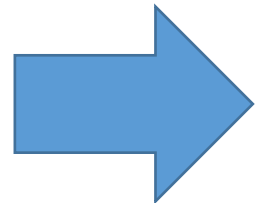
Pipe anonime Windows (padre)

```
/*imposta gli attributi di sicurezza in modo che le pipe siano
ereditate */
SECURITY_ATTRIBUTES sa = {sizeof(SEcurity_ATTRIBUTES),NULL,TRUE};
/* alloca la memoria */
ZeroMemory(&pi, sizeof(pi));

/* crea la pipe */
if (!CreatePipe(&ReadHandle, &WriteHandle, &sa, 0)) {
    fprintf(stderr, "Create Pipe Failed");
    return 1;
}

/* prepara la struttura START_INFO per il processo figlio */
GetStartupInfo(&si);
si.hStdOutput = GetStdHandle(STD_OUTPUT_HANDLE);

/* reindirizza lo standard input verso l'estremità della pipe
dedicata alla lettura */
si.hStdInput = ReadHandle;
si.dwFlags = STARTF_USESTDHANDLES;
```



Pipe anonime Windows (padre)

```
/* non permette al processo figlio di ereditare l'estremità
   della pipe dedicata alla scrittura */
SetHandleInformation(WriteHandle, HANDLE_FLAG_INHERIT, 0);

/* crea il processo figlio */
CreateProcess(NULL, "child.exe", NULL, NULL,
  TRUE, /* inherit handles */
  0, NULL, NULL, &si, &pi);

/* chiude l'estremità inutilizzata della pipe */
CloseHandle(ReadHandle);

/* il padre scrive sulla pipe */
if (!WriteFile(WriteHandle, message, BUFFER_SIZE, &written, NULL))
  fprintf(stderr, "Error writing to pipe.");

/* chiude l'estremità della pipe dedicata alla scrittura */
CloseHandle(WriteHandle);

/* attende la terminazione del processo figlio */
WaitForSingleObject(pi.hProcess, INFINITE);
CloseHandle(pi.hProcess);
CloseHandle(pi.hThread);
return 0;
}
```

Pipe anonime Windows (figlio)

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

#define BUFFER_SIZE 25

int main(VOID)
{
HANDLE Readhandle;
CHAR buffer[BUFFER_SIZE];
DWORD read;

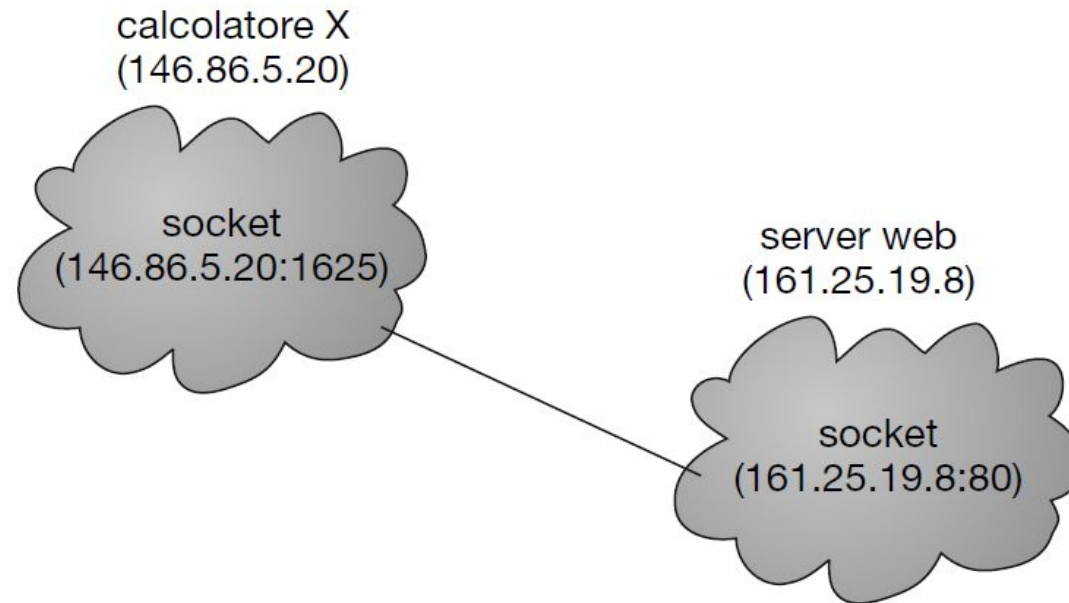
/* riceve l'handle di lettura della pipe */
ReadHandle = GetStdHandle(STD_INPUT_HANDLE);

/* il figlio legge dalla pipe */
if (ReadFile(ReadHandle, buffer, BUFFER_SIZE, &read, NULL))
    printf("child read %s",buffer);
else
    fprintf(stderr, "Error reading from pipe");

return 0;
}
```

Socket

- Una coppia di processi che comunica attraverso una rete usa una coppia di **socket**, una per ogni processo.
- Ogni socket è identificata da un indirizzo IP concatenato a un numero di porta.



Le **socket** generalmente impiegano un'architettura client-server

Figura 3.26 Comunicazione tramite socket.

Socket in Java

Il linguaggio Java è spesso utilizzato per implementare le socket, poiché Java offre un'interfaccia alle socket più semplice rispetto al C e dispone di una ricca libreria di utilità di networking.



Server

```
import java.net.*;
import java.io.*;

public class DateServer
{
    public static void main(String[] args) {
        try {
            ServerSocket sock = new ServerSocket(6013);

            /* si pone in ascolto di richieste di connessione */
            while (true) {
                Socket client = sock.accept();

                PrintWriter pout = new
                    PrintWriter(client.getOutputStream(), true);

                /* scrive la Data sulla socket */
                pout.println(new java.util.Date().toString());

                /* chiude la socket */
                /* ritorna in ascolto di nuove richieste */
                client.close();
            }
        }
        catch (IOException ioe) {
            System.err.println(ioe);
        }
    }
}
```

Figura 3.27 Server che fornisce al client la data corrente.

Client

```
import java.net.*;
import java.io.*;

public class DateClient
{

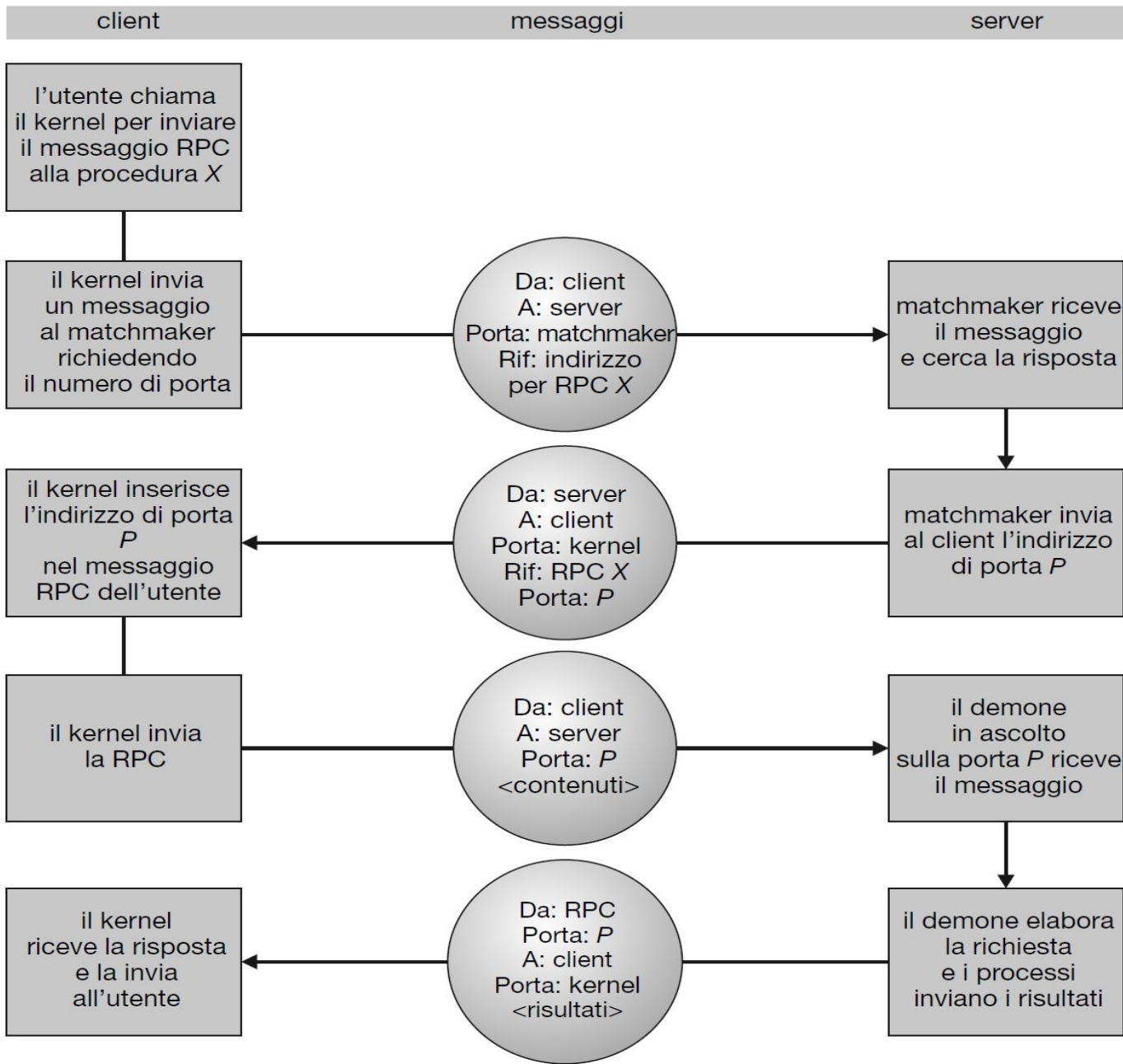
    public static void main(String[] args) {
        try {
            /* si collega alla porta su cui ascolta il server */
            Socket sock = new Socket("127.0.0.1",6013);

            InputStream in = sock.getInputStream();
            BufferedReader bin = new
                BufferedReader(new InputStreamReader(in));

            /* legge la data dalla socket */
            String line;
            while ( (line = bin.readLine()) != null)
                System.out.println(line);

            /* chiude la socket */
            sock.close();
        }
        catch (IOException ioe) {
            System.err.println(ioe);
        }
    }
}
```

Figura 3.28 Client che riceve dal server la data corrente.



Chiamate di procedure remote

Figura 3.29 Esecuzione di una chiamata di procedura remota (RPC).



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DELLA BASILICATA**

Corso di Sistemi Operativi



Processi

Docente:
Domenico Daniele
Bloisi

