

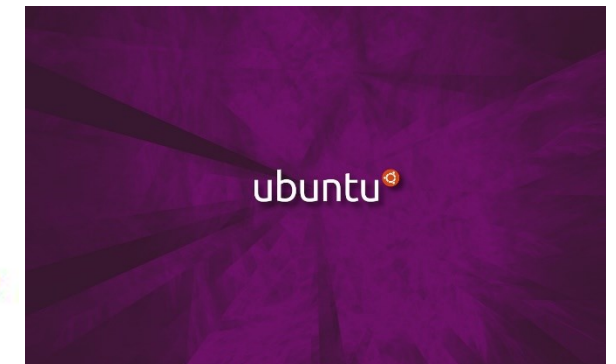
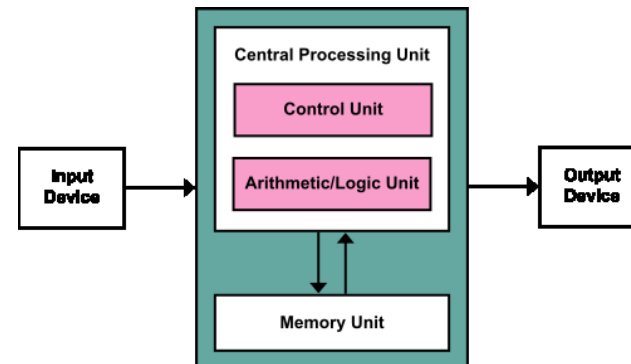
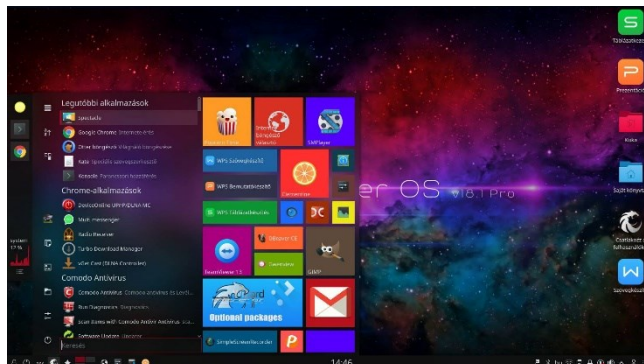
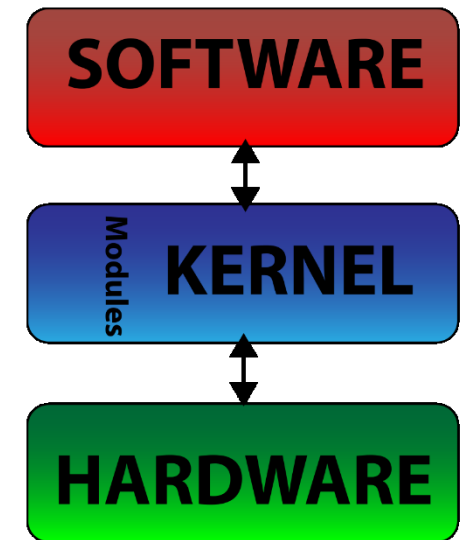
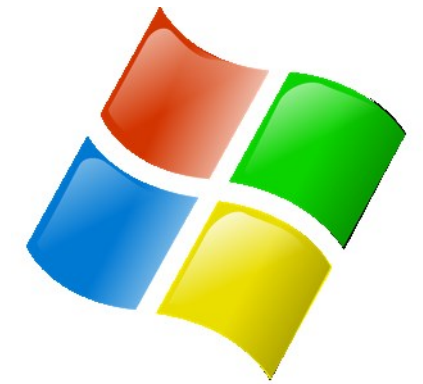


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DELLA BASILICATA**

*Corso di Sistemi Operativi
A.A. 2019/20*

Processi

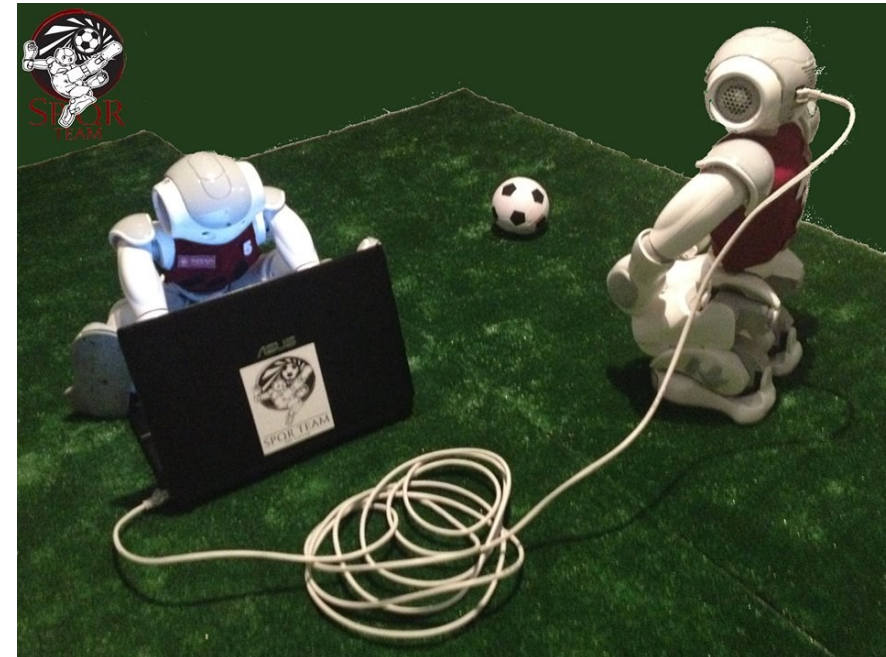
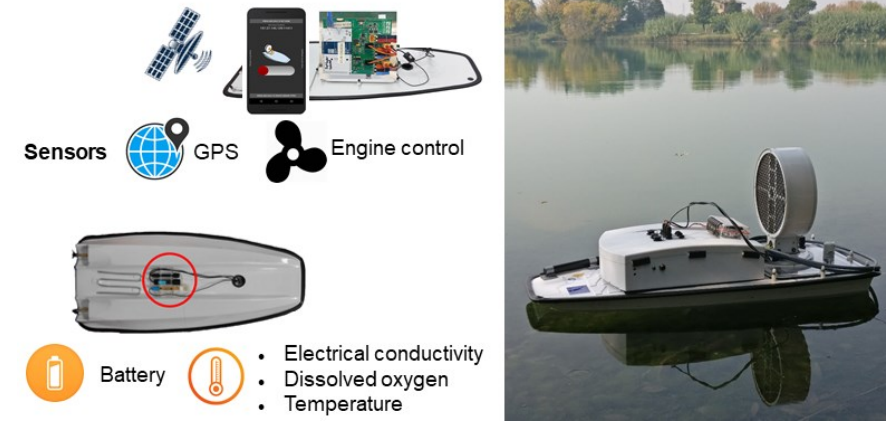
Docente:
**Domenico Daniele
Bloisi**



Ottobre 2019

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>



Ricevimento

- In aula, subito dopo le lezioni
- Martedì dalle 11:00 alle 13:00 presso:
Campus di Macchia Romana
Edificio 3D (Dipartimento di Matematica,
Informatica ed Economia)
Il piano, stanza 15

Email: 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

Heap memoria allocata dinamicamente durante l'esecuzione del programma

Stack memoria temporaneamente utilizzata durante le chiamate di funzioni

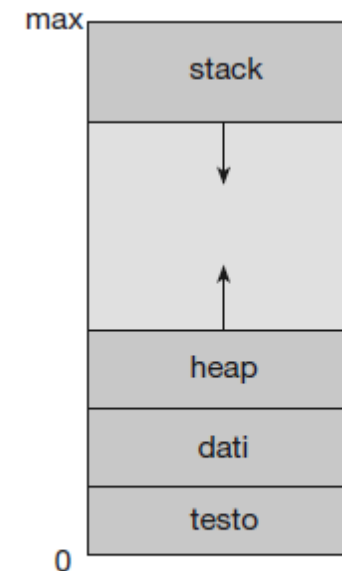


Figura 3.1 Struttura di un processo in memoria.

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 d'elaborazione.

Terminato. Il processo ha terminato l'esecuzione.

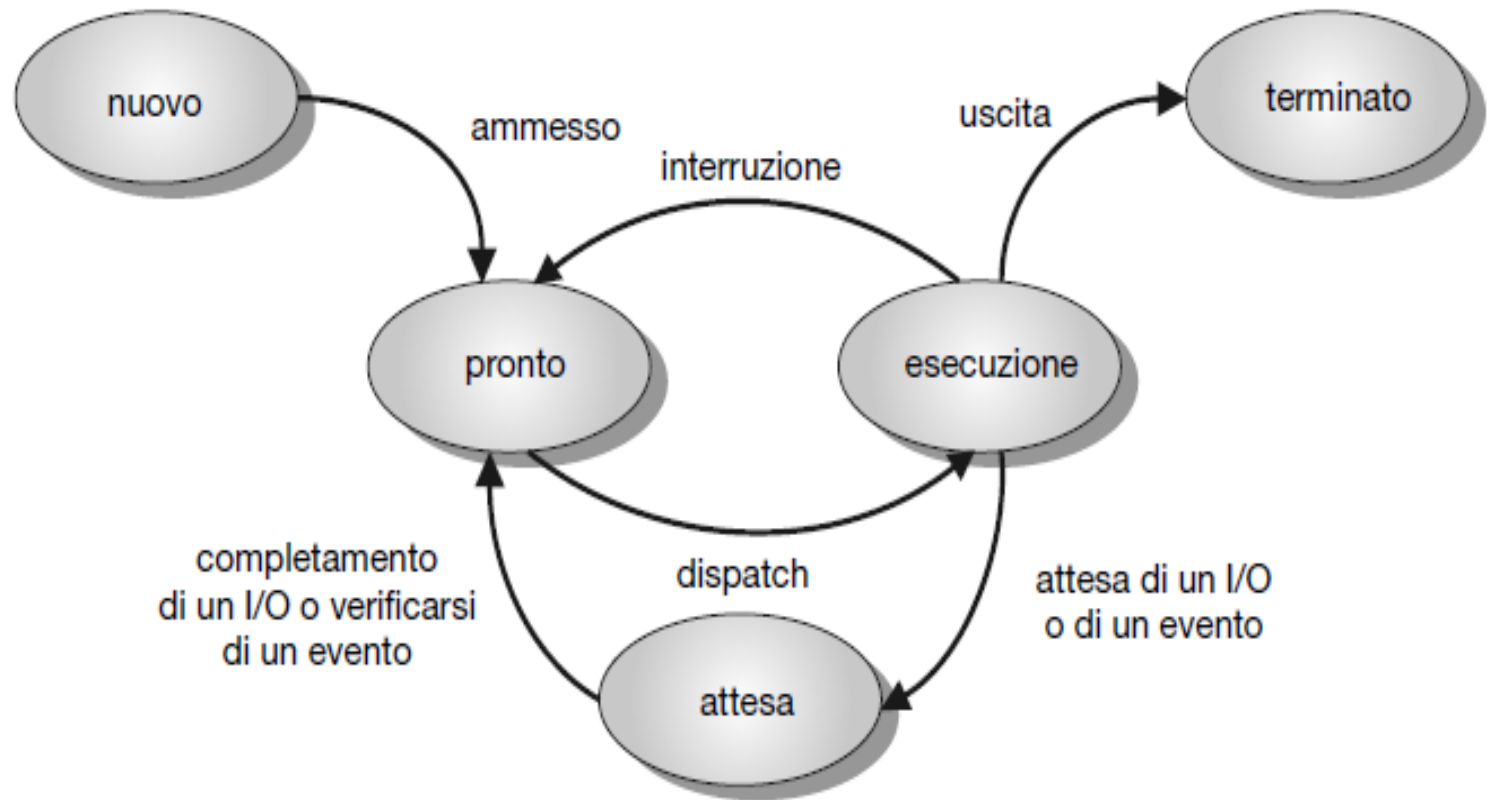


Figura 3.2 Diagramma di transizione degli stati di un processo.

Process control block (PCB)

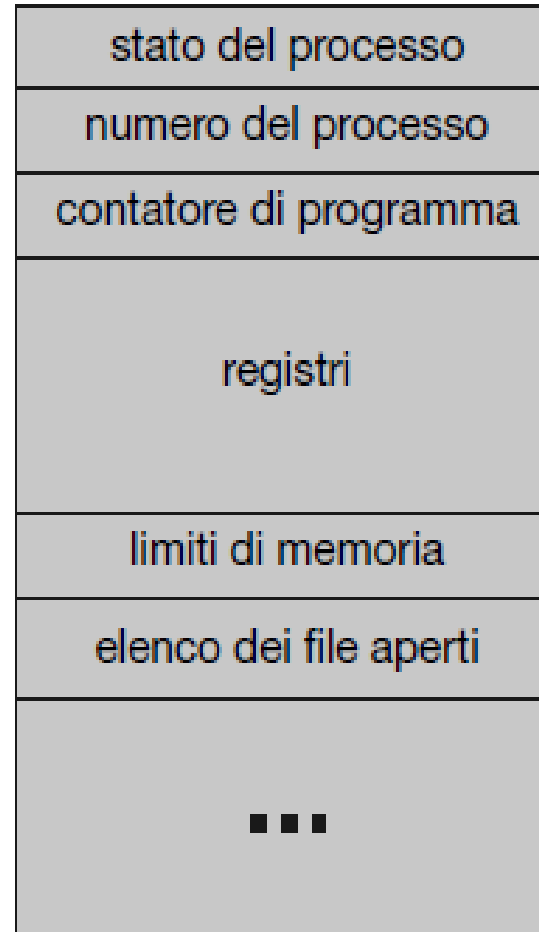
Ogni processo è rappresentato nel sistema operativo da un **blocco di controllo** (*process control block, PCB, o task control block, TCB*) contenente molte informazioni connesse a un processo specifico.

Process control block (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 d'uso generale e registri contenenti i codici di condizione (*condition codes*)



Informazioni sullo scheduling di CPU

Informazioni sulla gestione della memoria

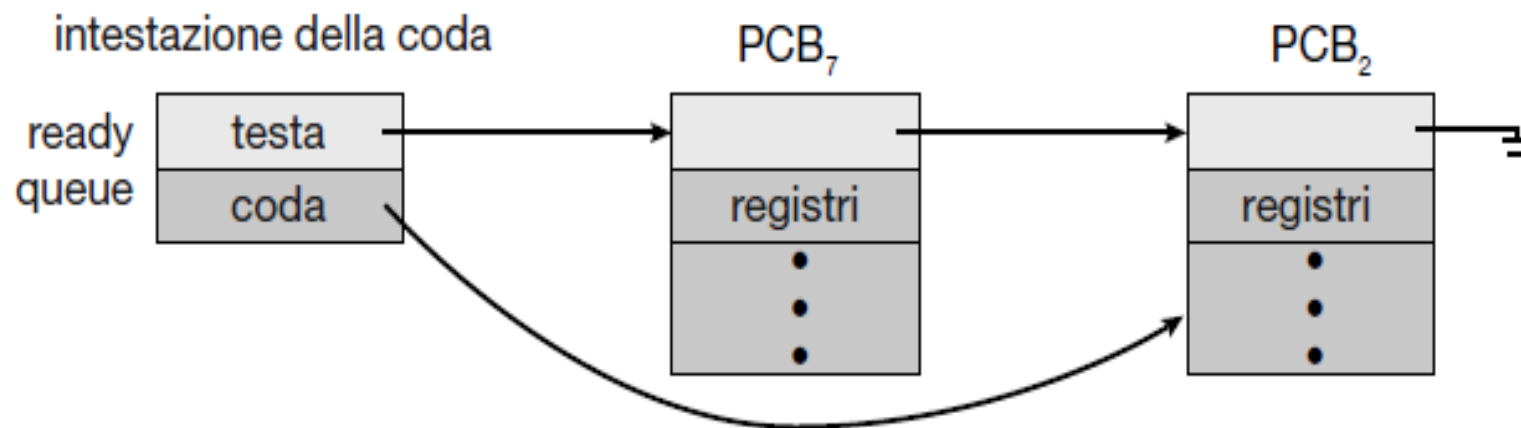
Informazioni di accounting e sullo stato dell'I/O

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



Scheduling dei processi

- I processi in attesa di un determinato evento vengono collocati in una **coda di attesa**, o *wait queue*

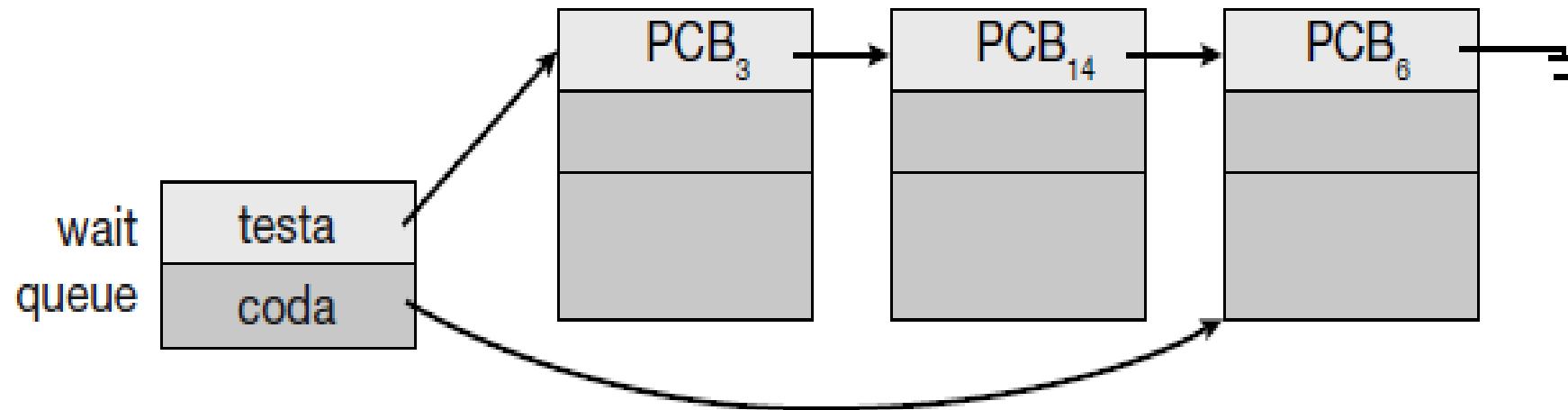


Diagramma di accodamento

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

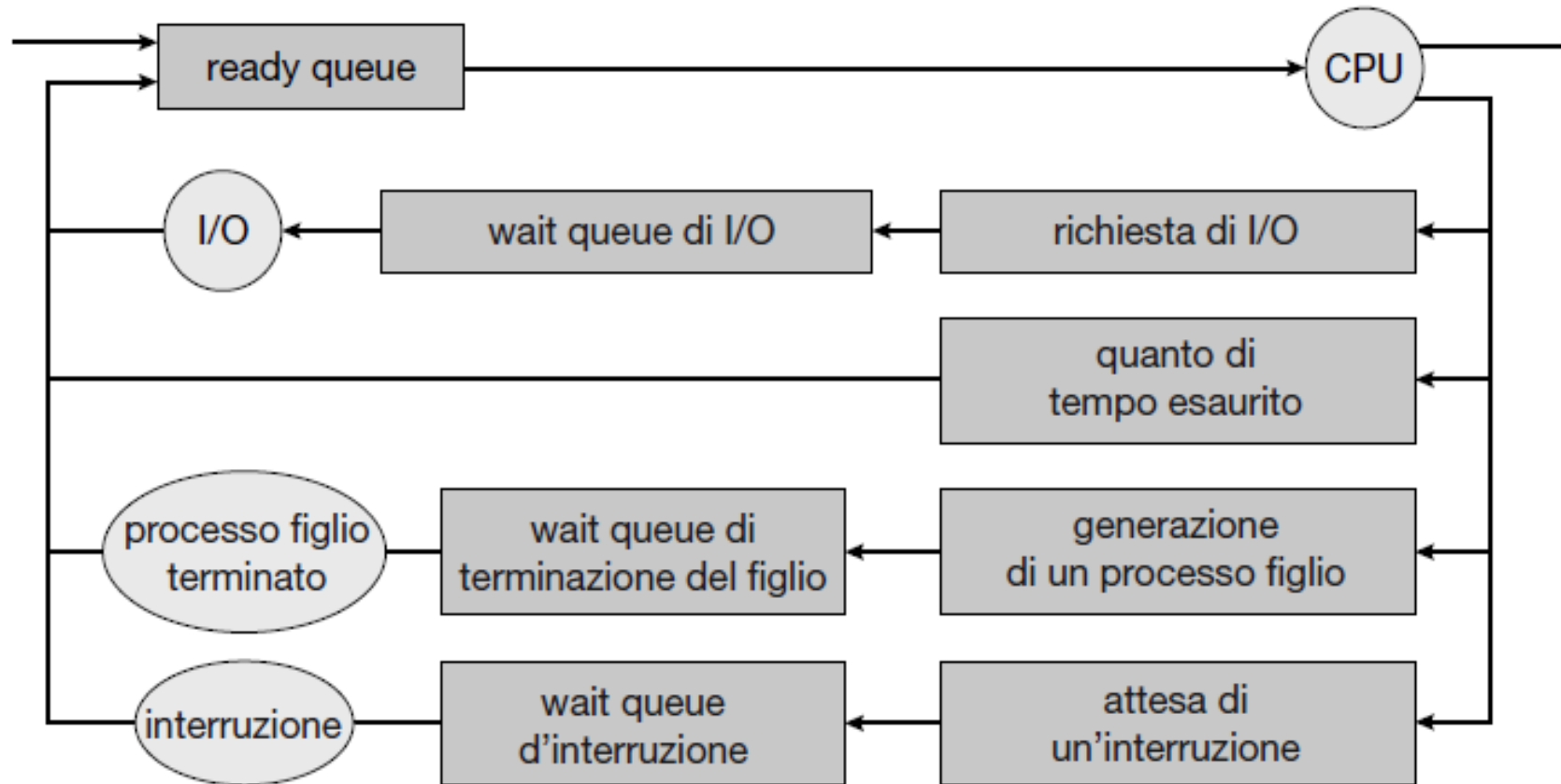


Figura 3.5 Diagramma di accodamento per lo scheduling dei processi.

Context switch

- In presenza di una interruzione (evento comune), 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**

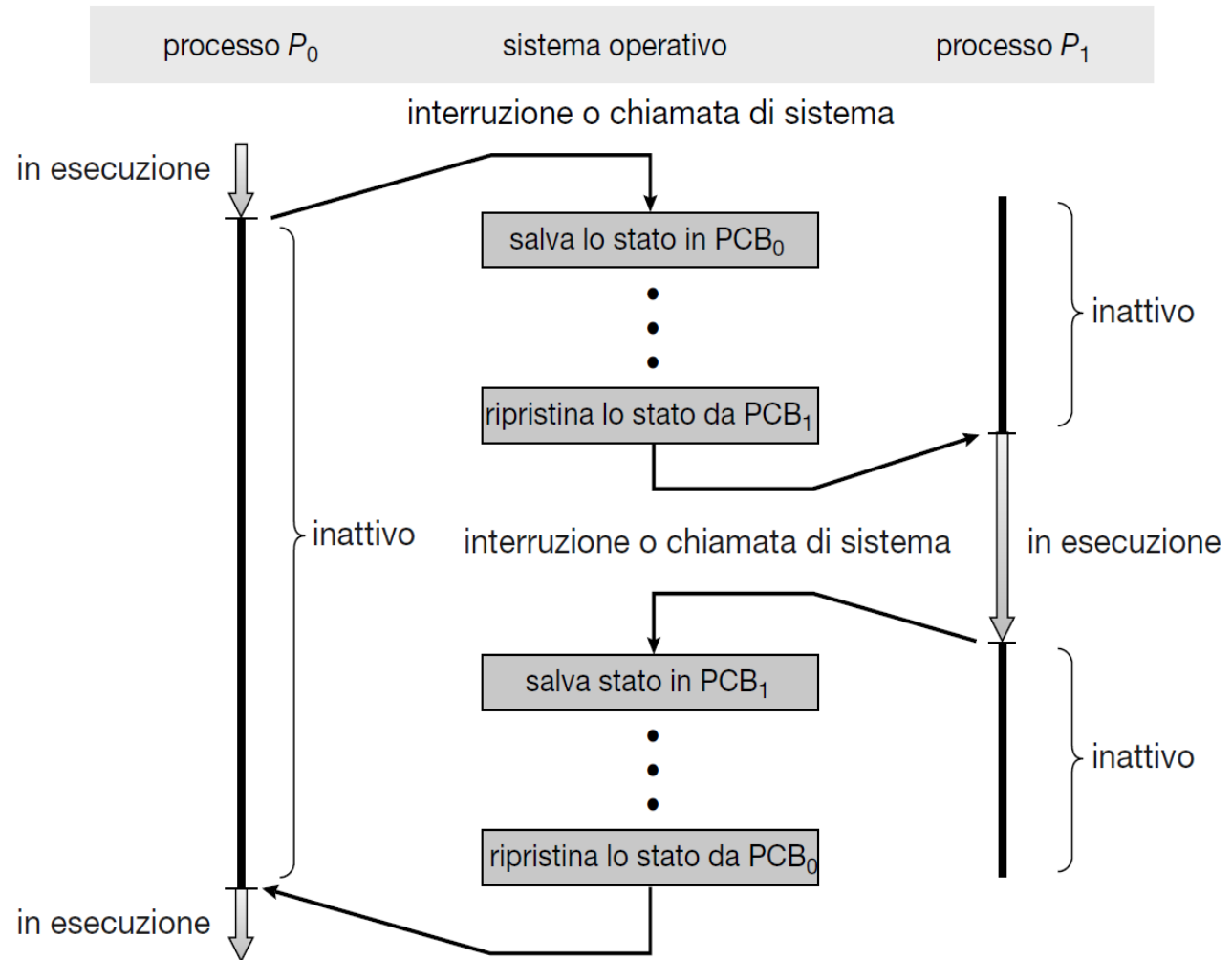
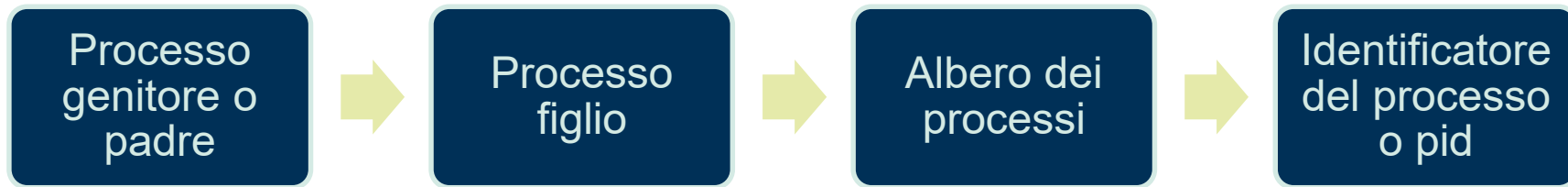


Figura 3.6 Diagramma di cambio di contesto.

Operazioni sui processi

Creazione dei processi



Albero dei processi

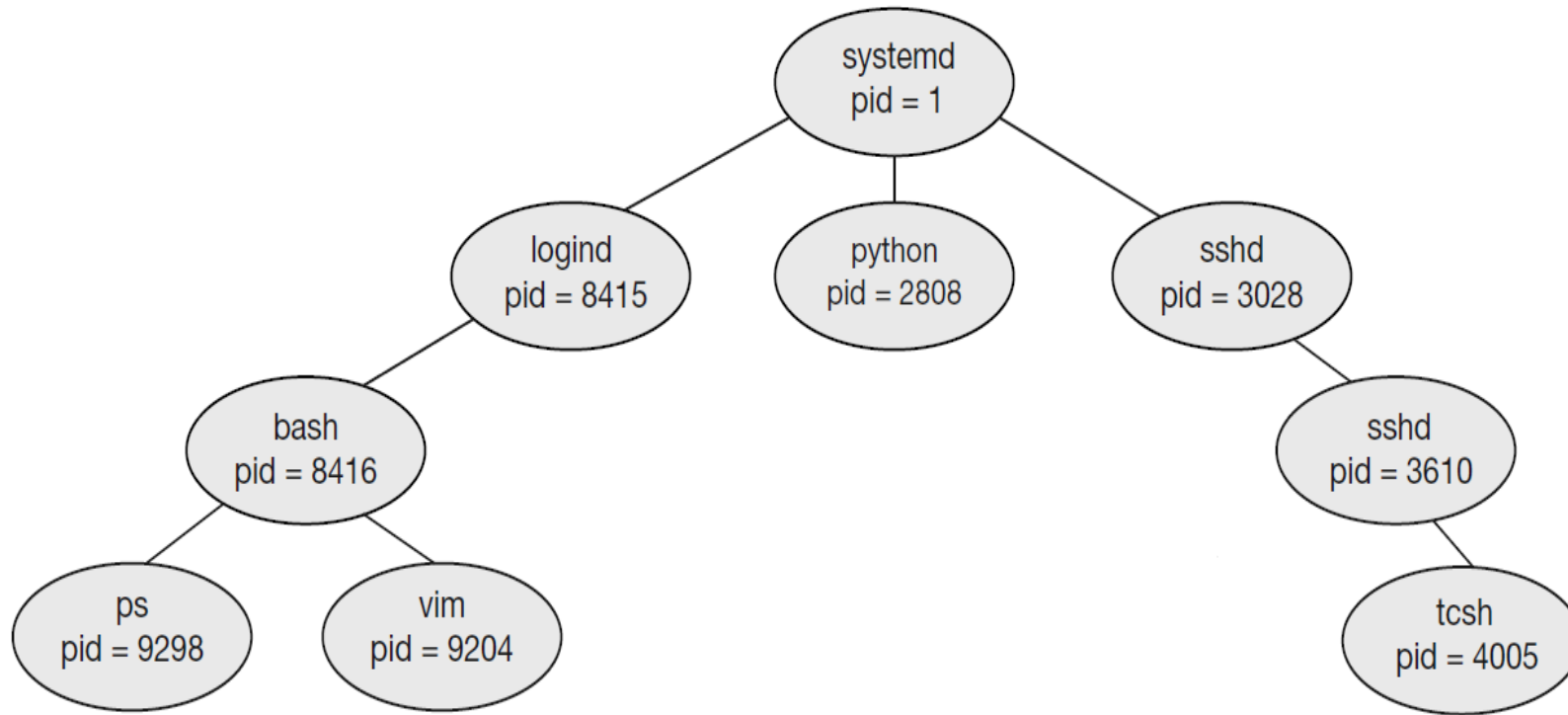


Figura 3.7 Esempio di albero dei processi di un tipico sistema Linux.

fork() - UNIX

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

int main()
{
    pid_t pid;

    /* genera un nuovo processo */
    pid = fork();

    if (pid < 0) { /* errore */
        fprintf(stderr, "generazione del nuovo processo fallita");
        return 1;
    }
    else if (pid == 0) { /* processo figlio */
        execlp("/bin/ls", "ls", NULL);
    }
    else { /* processo genitore */
        /* il genitore attende il completamento del figlio */
        wait(NULL);
        printf("il processo figlio ha terminato");
    }

    return 0;
}
```

Figura 3.8 Creazione di un processo separato utilizzando la chiamata di sistema `fork()` di UNIX.

fork() - UNIX

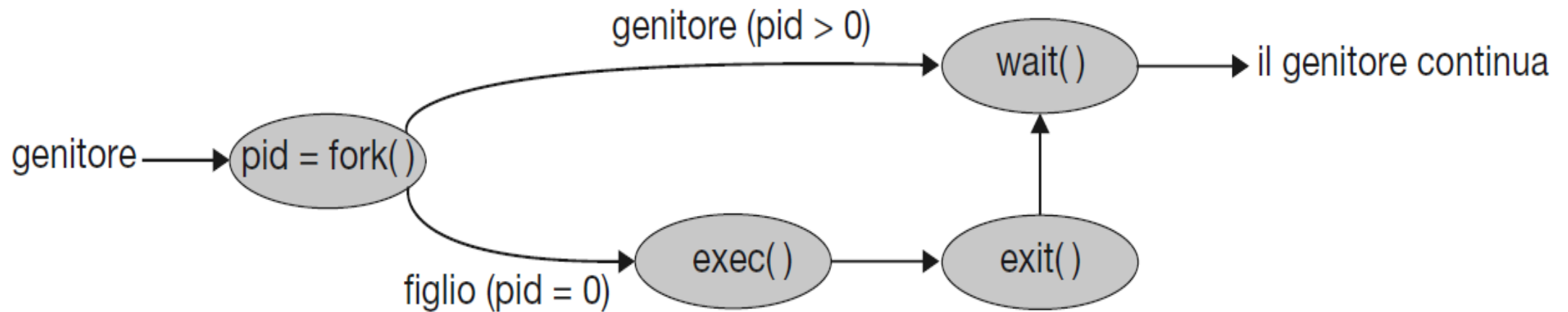


Figura 3.9 Creazione di un processo utilizzando la chiamata di sistema `fork()`.

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);
}
```

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 consente la *comunicazione tra processi* (IPC, Interprocess Communication) può essere utile per diverse ragioni.



Condivisione d'informazioni
Velocizzazione del calcolo
Modularità

I modelli fondamentali della *comunicazione tra processi*



a memoria condivisa
a scambio di messaggi

- Nei sistemi operativi sono diffusi entrambi i modelli; spesso coesistono in un unico sistema.

Modelli di comunicazione

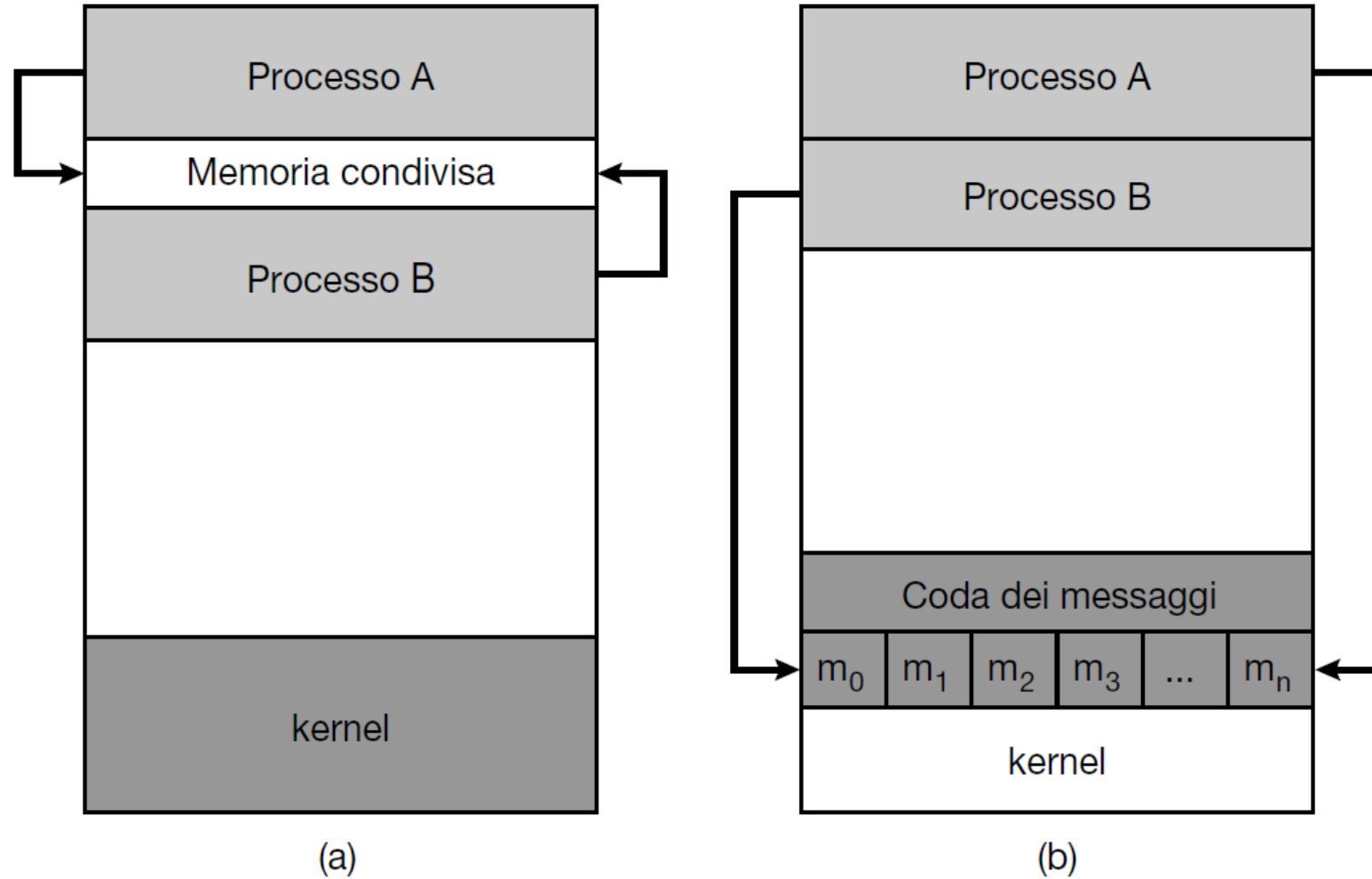


Figura 3.11 Modelli di comunicazione. (a) Memoria condivisa. (b) Scambio di messaggi.

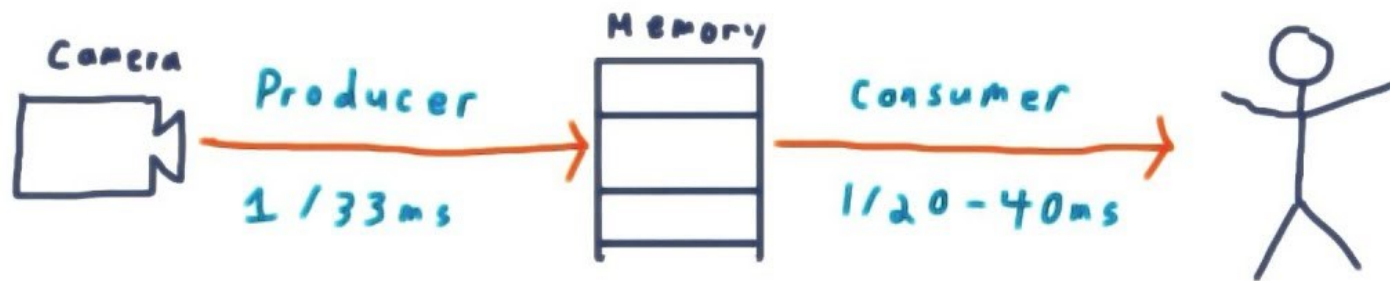
IPC in sistemi a memoria condivisa

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'utilizzo 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 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**

canale di comunicazione



comunicazione
diretta o
indiretta

gestione
automatica o
esplicita del
buffer

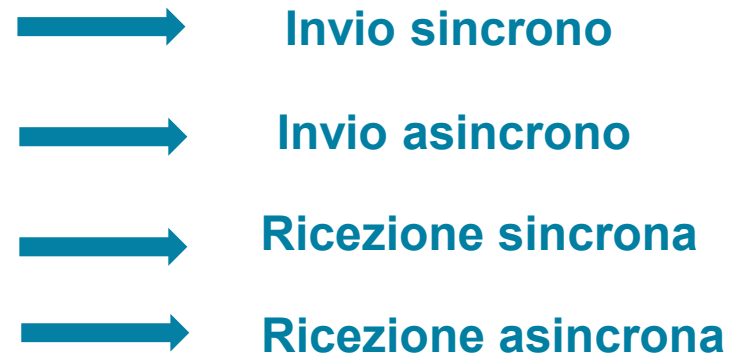
comunicazione
sincrona o
asincrona

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.

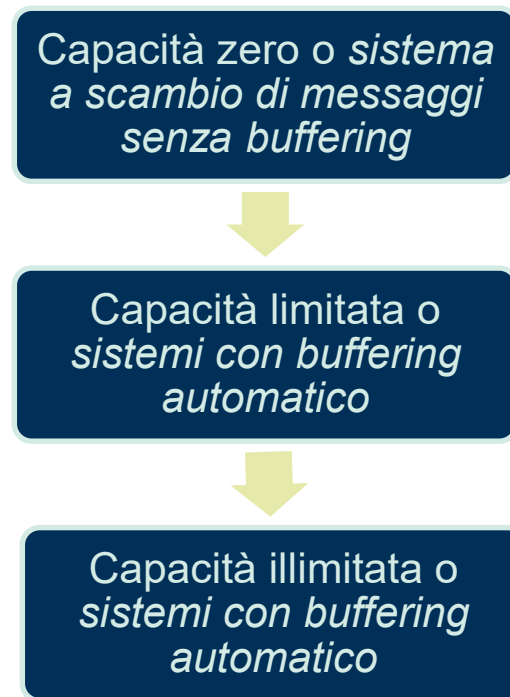
Consumatore con scambio di messaggi

```
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.

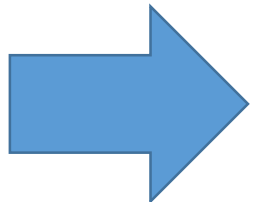
Produttore - memoria condivisa - POSIX

```
#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;
}
```

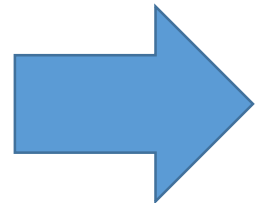
Figura 3.16 Processo produttore che illustra l'API per la memoria condivisa POSIX.

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.

Esempio - scambio messaggi - Mach

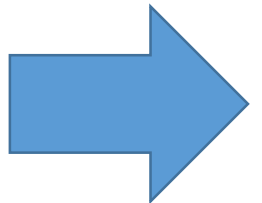
```
#include<mach/mach.h>
```

```
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*)

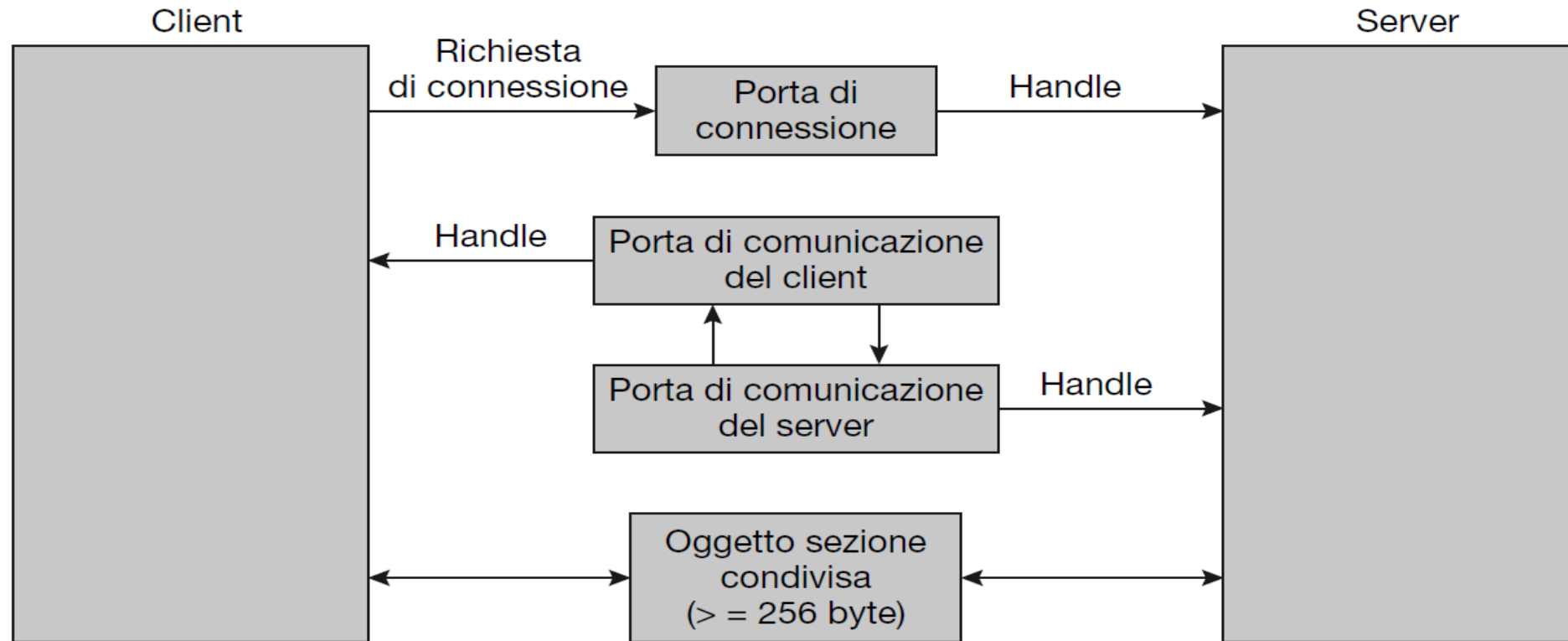


Figura 3.19 Chiamate di procedura locale avanzate in Windows.

Pipe convenzionali – Named pipe

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**

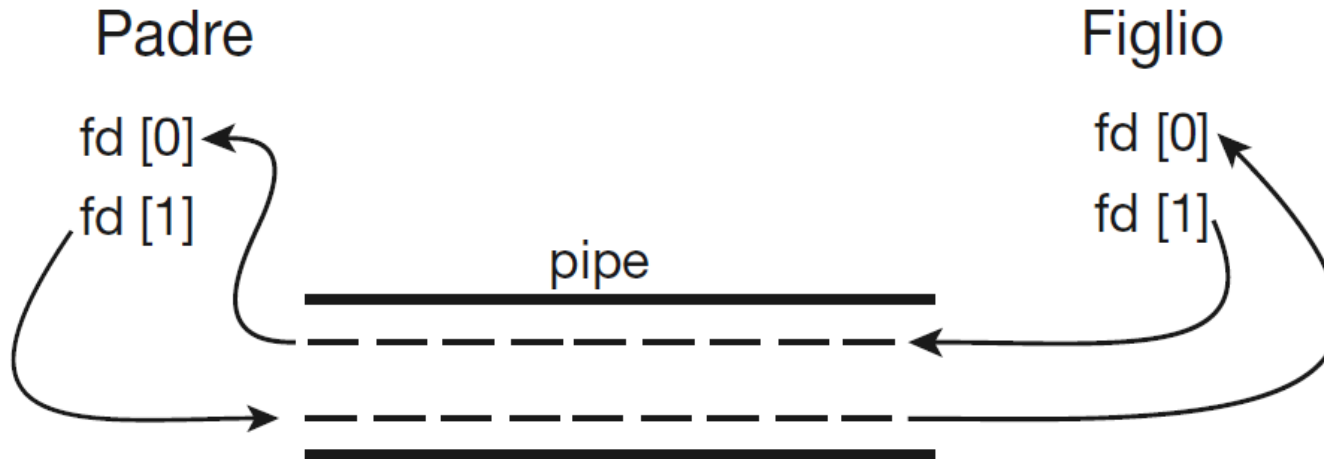


Figura 3.20 Descrittori di file per una pipe convenzionale.

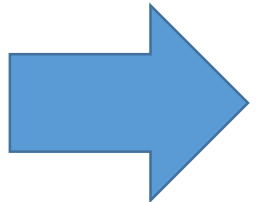
Pipe convenzionali UNIX

```
#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

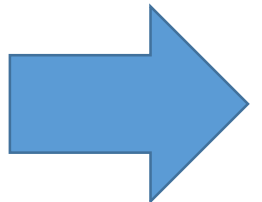
```
/* crea la pipe */
if (pipe(fd) == -1) {
    fprintf(stderr, "Pipe failed");
    return 1;
}

/* 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;
}
```

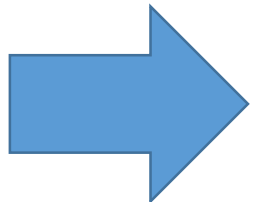
Pipe anonime Windows

```
#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.



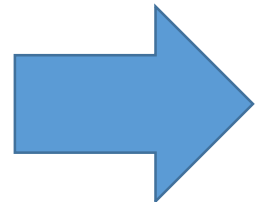
Pipe anonime Windows (padre)

```
/*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);

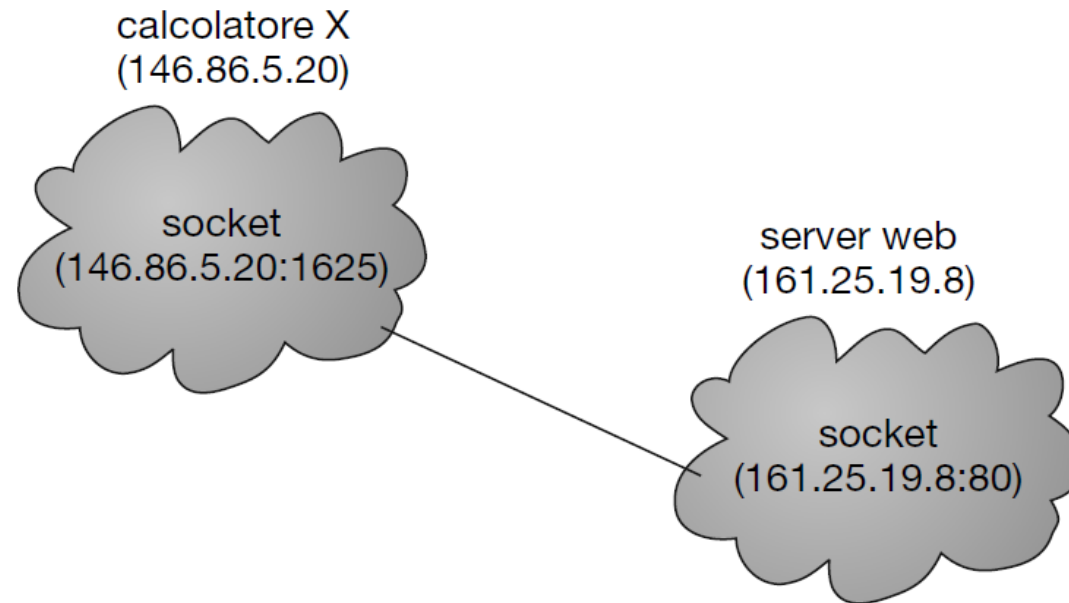
    /* il figlio legge dalla pipe */
    if (ReadFile(ReadHandle, buffer, BUFFER_SIZE, &read, NULL))
        printf("child read %s",buffer);
    else
        fprintf(stderr, "Error reading from pipe");

    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

Useremo il **linguaggio Java** per **implementare le socket**, poiché Java offre un'interfaccia alle socket più semplice 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.*;

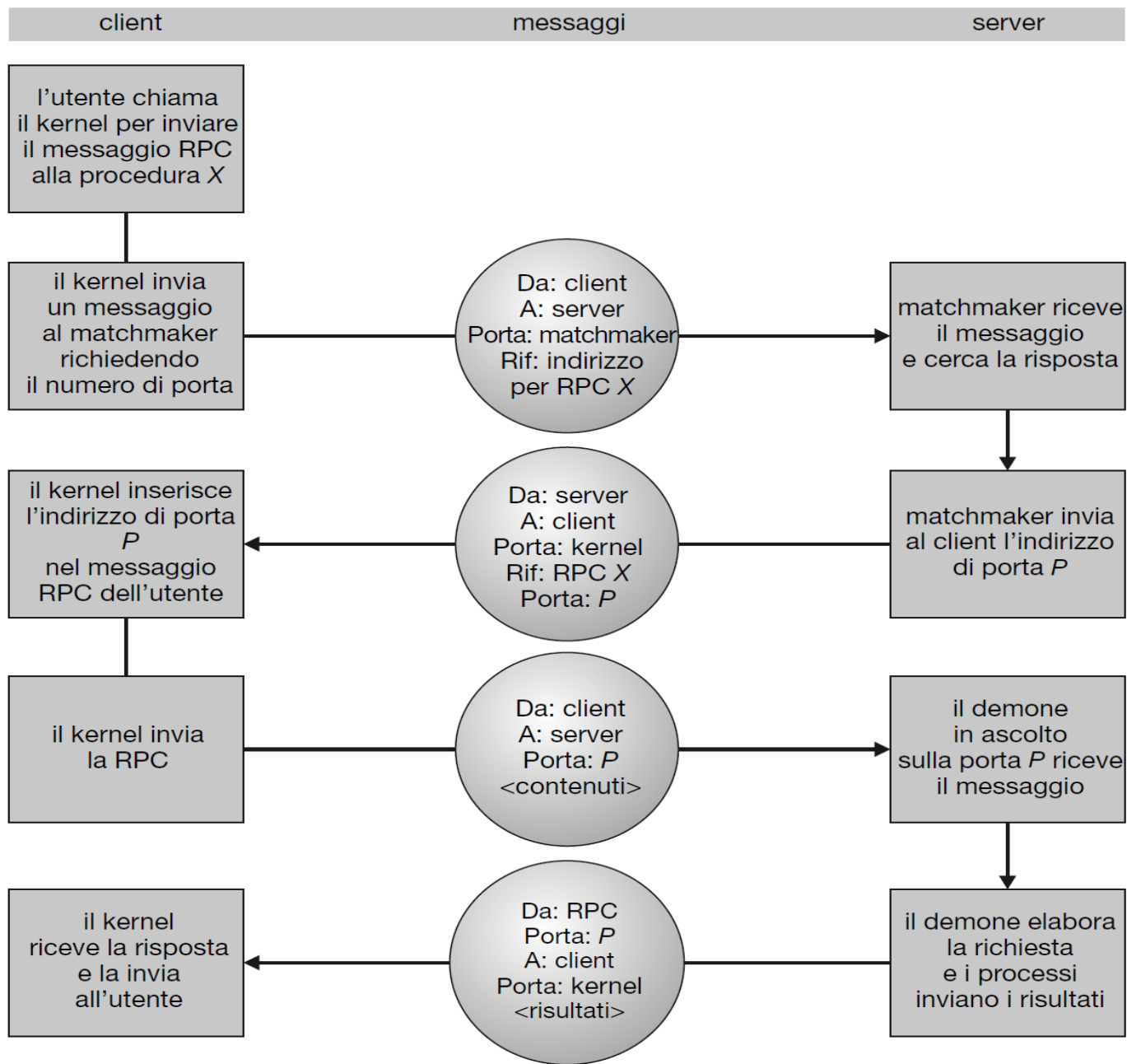
public class DateClient
{
    public static void main(String[] args) {
        try {
            /* si collega alla porta su cui ascolta il server */
            Socket sock = new Socket("127.0.0.1",6013);

            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).

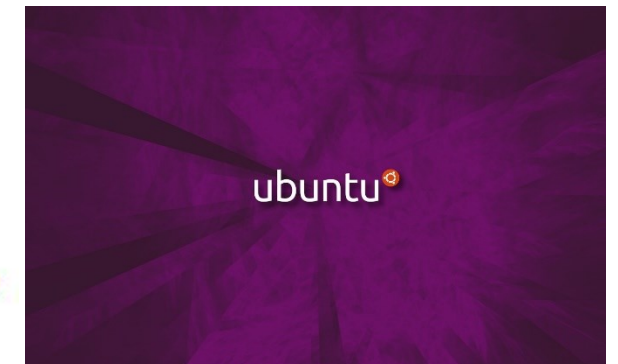
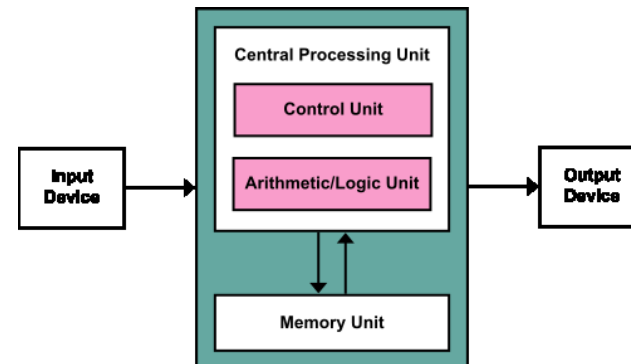
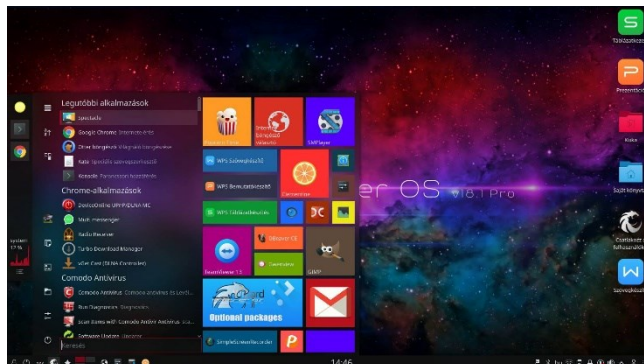
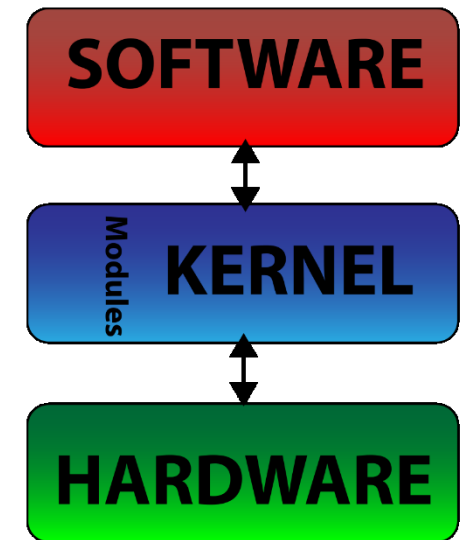
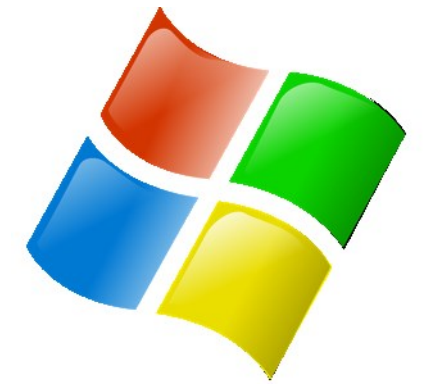


**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DELLA BASILICATA**

*Corso di Sistemi Operativi
A.A. 2019/20*

Processi

Docente:
**Domenico Daniele
Bloisi**



Ottobre 2019