

# Panda+ Operating System

Specifiche di Progetto

**FASE 1**

**v.0.1**

Anno Accademico 2022-2023  
(da un documento di Marco di Felice)

# Panda+

- Panda+: Evoluzione di Kaya O.S., a sua volta evoluzione di una lunga lista di S.O. proposti a scopo didattico (HOCA, TINA, ICARO, etc).
- Panda+ deve essere realizzato su architettura **uMPS3**
- Architettura basata su **sei livelli di astrazione**, sul modello del S.O. THE proposto da Dijkstra in un suo articolo del 1968 ...

# Panda+

- Sistema Operativo in 6 **livelli** di astrazione.

**Livello 6:** *Shell interattiva*

**Livello 5:** *File-system*

**Livello 4:** *Livello di supporto*

**Livello 3:** *Kernel del S.O.*

**Livello 2:** *Gestione delle Code*

**Livello 1:** *Servizi offerti dalla ROM*

**Livello 0:** *Hardware di uMPS3*

# Panda+

- Sistema Operativo in 6 **livelli** di astrazione.

**Livello 6:** Shell interattiva

**Livello 5:** File-system

**Livello 4:** Livello di supporto

**Livello 3:** Kernel del S.O.

FASE1!

**Livello 2:** Gestione delle Code

NOTI

**Livello 1:** Servizi offerti dalla ROM

**Livello 0:** Hardware di uMPS3

# Livello 2 del S.O.

- Il livello 2 di Panda+ (Livello delle Code) fornisce l'implementazione delle **strutture dati** utilizzate dal livello sovrastante (**kernel**).
- Process Control Block (**PCB**) livello 2.

```
typedef struct pcb_t {
/* process queue */
    struct list_head p_next;

/* process tree fields */
    struct pcb_t    *p_parent;      /* ptr to parent    */
    struct list_head p_child;      /* children list   */
    struct list_head p_sib;        /* sibling list     */

/* process status information */
    state_t    p_s; /* processor state */
    cpu_t p_time; /* cpu time used by proc */
    int  *p_semAdd; /* ptr to semaphore on which proc is blocked*/
    nsd_t *p_namespaces[MAX_TYPES]; /* ACTIVE namespace for each type */
} pcb_t, *pcb_PTR;
```

# Livello 2 del S.O.

- Il gestore delle code implementa 4 funzionalità relative ai PCB:
- **Allocazione e Deallocazione** dei PCB.
- Gestione delle **Code** dei PCB.
- Gestione dell'**Albero** dei PCB.
- Gestione di una **Active Semaphore Hash** (ASH), che gestisce la coda dei processi bloccati su un semaforo.
- Gestione dei Namespace che gestisce la “visione” di un processo.

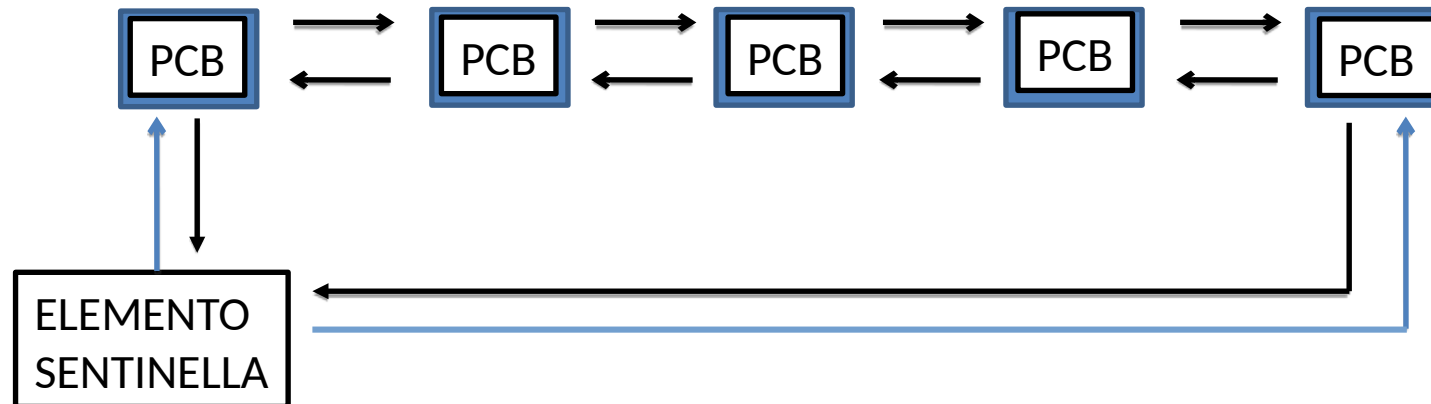
**ASSUNZIONE:** non più di MAXPROC (20) processi concorrenti in Panda+.

# Livello 2 del S.O.

- Vi viene fornito un file contenente una procedura di test, `pltest.c`
- Dovete aggiungere le funzioni richieste e la procedura si deve concludere correttamente.
- I requisiti di fase 1 sono puramente logici, non viene ancora toccato l'hardware specifico dell'emulatore.

# Lista dei PCB

- I **PCB** possono essere organizzati in code, dette code di processi (es. coda dei processi attivi).
- Ciascuna lista è gestita tramite i campi di tipo `list_head`
- Una lista e' identificata da un elemento sentinella di tipo `list_head`.





# Allocazione dei PCB

- `pcbFree_h`: lista dei PCB che sono liberi o inutilizzati.
- `pcbFree_table`[MAX\_PROC]: array di PCB con dimensione massima di MAX\_PROC.

## **FUNZIONI da IMPLEMENTARE:**

### **1. `void initPcbs()`**

Inizializza la lista `pcbFree` in modo da contenere tutti gli elementi della `pcbFree_table`. Questo metodo deve essere chiamato una volta sola in fase di inizializzazione della struttura dati.

# Allocazione dei PCB

## **FUNZIONI da IMPLEMENTARE:**

### **2. `void freePcb(pcb_t * p)`**

Inserisce il PCB puntato da p nella lista dei PCB liberi (pcbFree\_h)

### **3. `pcb_t *allocPcb()`**

Restituisce NULL se la pcbFree\_h è vuota. Altrimenti rimuove un elemento dalla pcbFree, inizializza tutti i campi (NULL/0) e restituisce l'elemento rimosso.

# Lista dei PCB

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**4.** `void mkEmptyProcQ(struct list_head *head)`

Crea una lista di PCB, inizializzandola come lista vuota

**5.** `int emptyProcQ(struct list_head *head)`

Restituisce TRUE se la lista puntata da head è vuota, FALSE altrimenti.

# Lista dei PCB

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**6.** `void insertProcQ(struct list_head* head, pcb* p)`

Inserisce l'elemento puntato da p nella coda dei processi puntata da head.

**7.** `pcb_t headProcQ(struct list_head* head)`

Restituisce l'elemento di testa della coda dei processi da head, SENZA RIMUOVERLO. Ritorna NULL se la coda non ha elementi.

# Lista dei PCB

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**8. `pcb_t* removeProcQ(struct list_head* head)`**

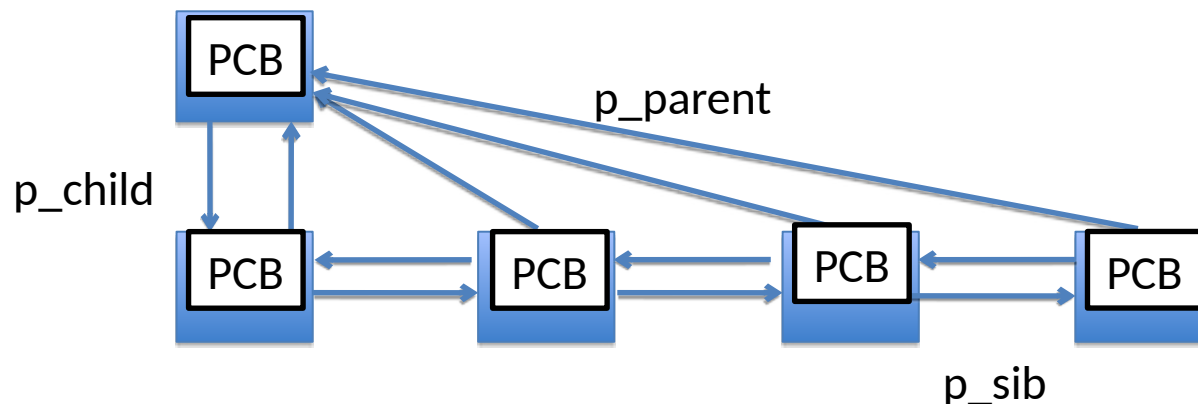
Rimuove il primo elemento dalla coda dei processi puntata da head. Ritorna NULL se la coda è vuota. Altrimenti ritorna il puntatore all'elemento rimosso dalla lista.

**9. `pcb_t* outProcQ(struct list_head* head, pcb_t *p)`**

Rimuove il PCB puntato da p dalla coda dei processi puntata da head. Se p non è presente nella coda, restituisce NULL. (NOTA: p può trovarsi in una posizione arbitraria della coda).

# Alberi di PCB

- In aggiunta alla possibilità di partecipare ad una coda di processo, i PCB possono essere organizzati in **alberi** di processi.
- Ogni genitore contiene un puntatore alla lista dei figli (p\_child).
- Ogni figlio ha un puntatore al padre (p\_parent) ed un puntatore che collega tra loro i fratelli.



# Lista dei PCB

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**10.** `int emptyChild(pcb_t *p)`

Restituisce TRUE se il PCB puntato da p non ha figli, FALSE altrimenti.

**11.** `void insertChild(pcb_t *prnt, pcb_t *p)`

Inserisce il PCB puntato da p come figlio del PCB puntato da prnt.

**12.** `pcb_t* removeChild(pcb_t *p)`

Rimuove il primo figlio del PCB puntato da p. Se p non ha figli, restituisce NULL.

# Lista dei PCB

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**13.** `pcb_t *outChild(pcb_t* p)`

Rimuove il PCB puntato da p dalla lista dei figli del padre. Se il PCB puntato da p non ha un padre, restituisce NULL, altrimenti restituisce l'elemento rimosso (cioè p). A differenza della `removeChild`, p può trovarsi in una posizione arbitraria (ossia non è necessariamente il primo figlio del padre).



# Semafori

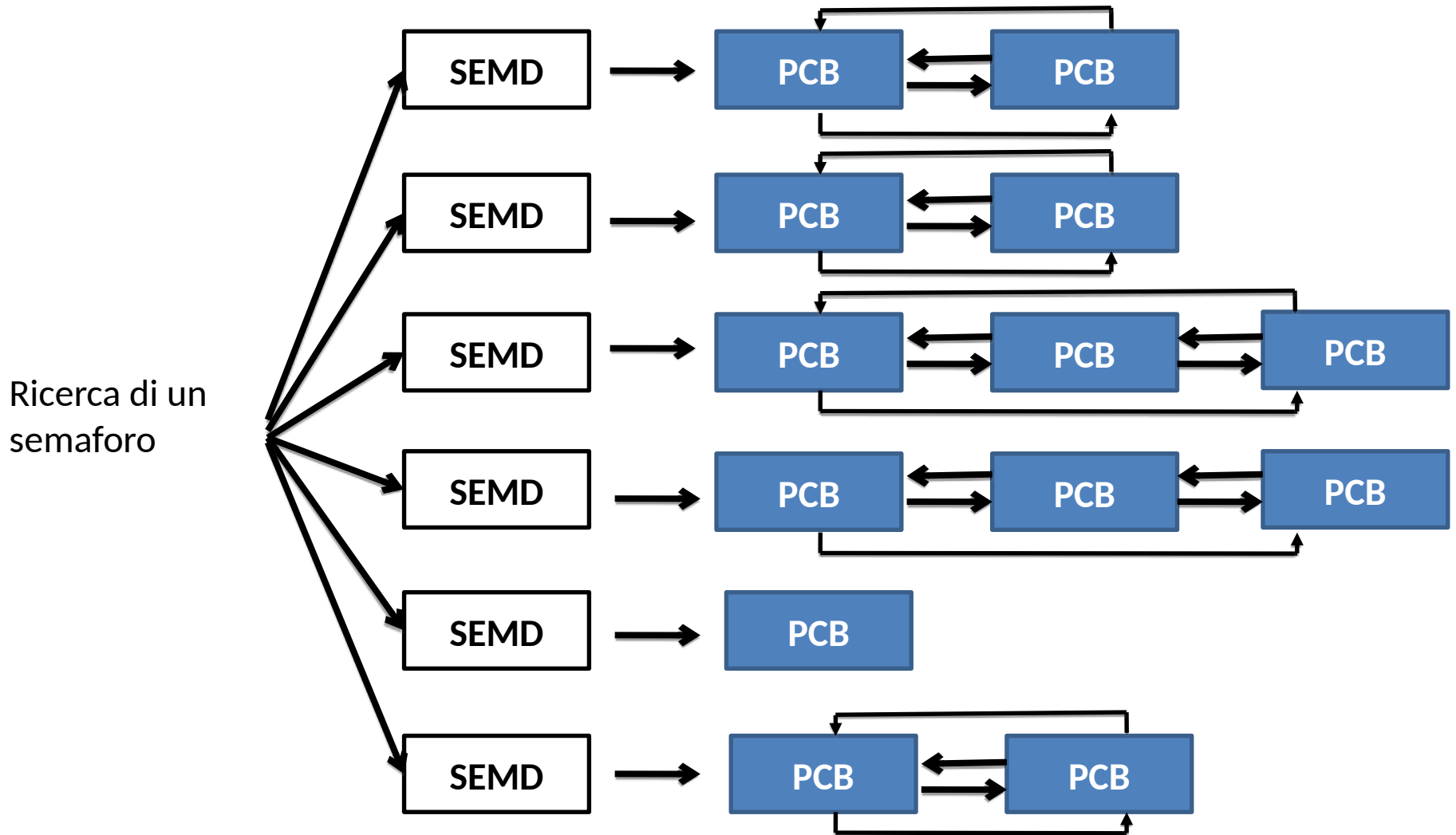
- In Panda+, l'accesso alle risorse condivise avviene attraverso l'utilizzo di **semafori**.
- Ad ogni semaforo è associato un **descrittore (SEMD)** con la struttura seguente:

```
/* semaphore descriptor data structure */
typedef struct semd_t {
    struct hlist_node s_link;
    struct list_head s_freeLink;
    /* Semaphore key */
    int *s_key;
    /* PCBs blocked on the semaphore */
    struct list_head s_procQ;
} semd_t;
```

# Active Semaphore List

- **semd\_table**[MAX\_PROC]: array di SEMD con dimensione massima di MAX\_PROC.
- **semdFree\_h**: Lista dei SEMD liberi o inutilizzati.
- **semd\_h**: Hash dei semafori attivi (*Active Semaphore Hash* – **ASH**)

# Active Semaphore Hash



# Gestione della ASH

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**14.** `int insertBlocked(int *semAdd, pcb_t *p)`

Viene inserito il PCB puntato da p nella coda dei processi bloccati associata al SEMD con chiave semAdd. Se il semaforo corrispondente non è presente nella ASH, alloca un nuovo SEMD dalla lista di quelli liberi (semdFree) e lo inserisce nella ASH, settando i campi in maniera opportuna (i.e. key e s\_procQ). Se non è possibile allocare un nuovo SEMD perché la lista di quelli liberi è vuota, restituisce TRUE. In tutti gli altri casi, restituisce FALSE.

# Gestione della ASH

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**15. `pcb_t* removeBlocked(int *semAdd)`**

Ritorna il primo PCB dalla coda dei processi bloccati (`s_procq`) associata al SEMD della ASH con chiave `semAdd`. Se tale descrittore non esiste nella ASH, restituisce NULL.

Altrimenti, restituisce l'elemento rimosso. Se la coda dei processi bloccati per il semaforo diventa vuota, rimuove il descrittore corrispondente dalla ASH e lo inserisce nella coda dei descrittori liberi (`semdFree_h`).

# Gestione della ASH

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**16.** `pcb_t* outBlocked(pcb_t *p)`

Rimuove il PCB puntato da p dalla coda del semaforo su cui è bloccato (indicato da p->p\_semAdd). Se il PCB non compare in tale coda, allora restituisce NULL (condizione di errore). Altrimenti, restituisce p. Se la coda dei processi bloccati per il semaforo diventa vuota, rimuove il descrittore corrispondente dalla ASH e lo inserisce nella coda dei descrittori liberi

**17.** `pcb_t* headBlocked(int *semAdd)`

Restituisce (senza rimuovere) il puntatore al PCB che si trova in testa alla coda dei processi associata al SEMD con chiave semAdd. Ritorna NULL se il SEMD non compare nella ASH oppure se compare ma la sua coda dei processi è vuota.

# Gestione della ASH

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**18. void initASH()**

Inizializza la lista dei semdFree in modo da contenere tutti gli elementi della semdTable. Questo metodo viene invocato una volta sola durante l'inizializzazione della struttura dati.

# Namespace

- In Panda+, esistono diverse “visioni” associate a un processo. Ogni processo puo’ vedere la sua parte di sistema operativo (come I namespace Linux)
- Ad ogni namespace è associato un **descrittore (NSD)** con la struttura seguente:

```
/* namespace descriptor data structure
*/
typedef struct nsd_t {
    int n_type;
    struct list_head n_link;
} nsd_t;
```



# Namespace

- `type_nsd[MAX_PROC]`: diversi array (uno per tipo di namespace! Per fase1 basta un singolo namespace: PID) di NSD con dimensione massima di MAX\_PROC.
- `type_nsFree_h`: Lista dei NSD di tipo type liberi o inutilizzati.
- `type_nsList_h`: Lista dei namespace di tipo type attivi.

# Gestione dei Namespace

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**19.** `void initNamespaces()`

Inizializza tutte le liste dei namespace liberi. Questo metodo viene invocato una volta sola durante l'inizializzazione della struttura dati.

# Gestione dei Namespace

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**20.** `nsd_t *getNamespace(pcb_t *p,  
int type)`

Ritorna il namespace di tipo `type` associato al processo `p` (o `NULL`).

**21.** `int addNamespace(pcb_t *p,  
nsd_t *ns)`

Associa al processo `p` e a tutti i suoi figli il namespace `ns`. Ritorna `FALSE` in caso di errore, `TRUE` altrimenti.

# Gestione dei Namespace

- **FUNZIONI DA IMPLEMENTARE:**

**22.** `nsd_t *allocNamespace(int type)`

Alloca un namespace di tipo `type` dalla lista corretta.

**23.** `void freeNamespace(nsd_t *ns)`

Libera il namespace `ns` ri-inserendolo nella lista di namespace corretta.

# Consigli

- Non esiste un metodo univoco per l'implementazione delle strutture dati di Fase1.
- **Suggerimento:** Creare tre moduli separati, uno per la gestione dei PCB, uno per la gestione dei SEMD e uno per la gestione dei Namespace.
- Usare ove possibile metodi/variabili static.

# CONSEGNA

- La deadline di consegna è fissata per il giorno: **19 febbraio 2023 Ore 23.59**
- CONSEGNARE IL PROPRIO PROGETTO (un unico file .tar.gz) NELLA **CARTELLA DI CONSEGNA** ASSOCIATA AL PROPRIO GRUPPO.
- CONSEGNARE ENTRO LA **DEADLINE** FISSATA.
- Dopo la deadline vi verrà inviata un'email automatica con il resoconto della consegna. CONTROLLATELA per verificare che tutto sia andato bene (e.g. l'archivio consegnato non era corretto, era vuoto,...)

# CONSEGNA

- Cosa consegnare:
  - Sorgenti del progetto (TUTTI)
  - Makefile per la compilazione
  - Documentazione (scelte progettuali, eventuali modifiche effettuate nelle specifiche)
  - File AUTHORS, README (eventuale)
- Inserire **commenti** nel codice per favorire la leggibilità e la correzione ...
  - **PROGETTI non COMMENTATI NON SARANNO VALUTATI.**

# Panda+ Operating System

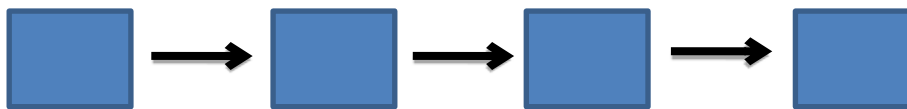
## Compendio: **Le liste del Kernel di Linux**

Anno Accademico 2021-2022

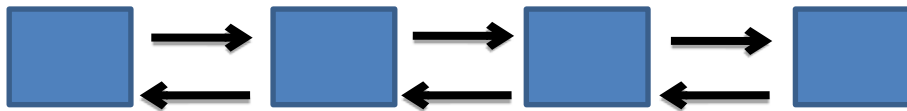


# Lista di Elementi

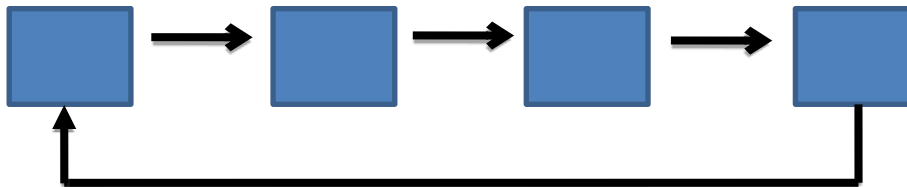
- Una **lista** è una struttura dati che contiene un certo numero di elementi concatenati tra loro.
- Diverse modalita' di **collegamento** tra elementi:



COLLEGAMENTO  
SINGOLO



COLLEGAMENTO  
DOPPIO



COLLEGAMENTO  
CIRCOLARE

# Definizione classica

- Una **lista** è definita insieme al tipo di dato gestito:

```
• struct item_list {  
    int item;  
    struct item_list * next;  
    struct item_list * prev;  
}
```

TIPO DI DATO

PUNTATORI ad ELEMENTI della LISTA

# Definizione classica

- Una **lista** è definita insieme al tipo di dato gestito:
- ```
struct item_list {  
    int item;  
    struct item_list * next;  
    struct item_list * prev;  
}
```

**PROBLEMA:** Dipendenza esplicita dal tipo di dato !!

# Liste del Linux-Kernel

- Il **kernel** di Linux fornisce una libreria per la manipolazione di **liste generiche**, indipendenti dal tipo di dato gestito (**type oblivious**).
- Implementazione di lista doppia concatenata.
- Caratteristiche:
  - **Codice riutilizzabile** per qualsiasi dato/struttura
  - Utilizzo di un **elemento sentinella** (dummy).
    - *Non rappresenta un elemento della lista*
    - *Serve per concatenare il primo e l'ultimo elemento.*

# Liste del Linux-Kernel

- L'elemento chiave delle liste è il **concatenatore** (struct list\_head), che unisce l'elemento attuale con quello successivo.
- Definito come una **coppia di puntatori** all'elemento precedente e successivo della lista.

```
struct list_head {  
    struct list_head* next;  
    struct list_head* prev;  
}
```

SENZA RIFERIMENTO DIRETTO AI DATI SI  
OTTIENE UNA SORTA DI POLIMORFISMO

# Liste del Linux-Kernel

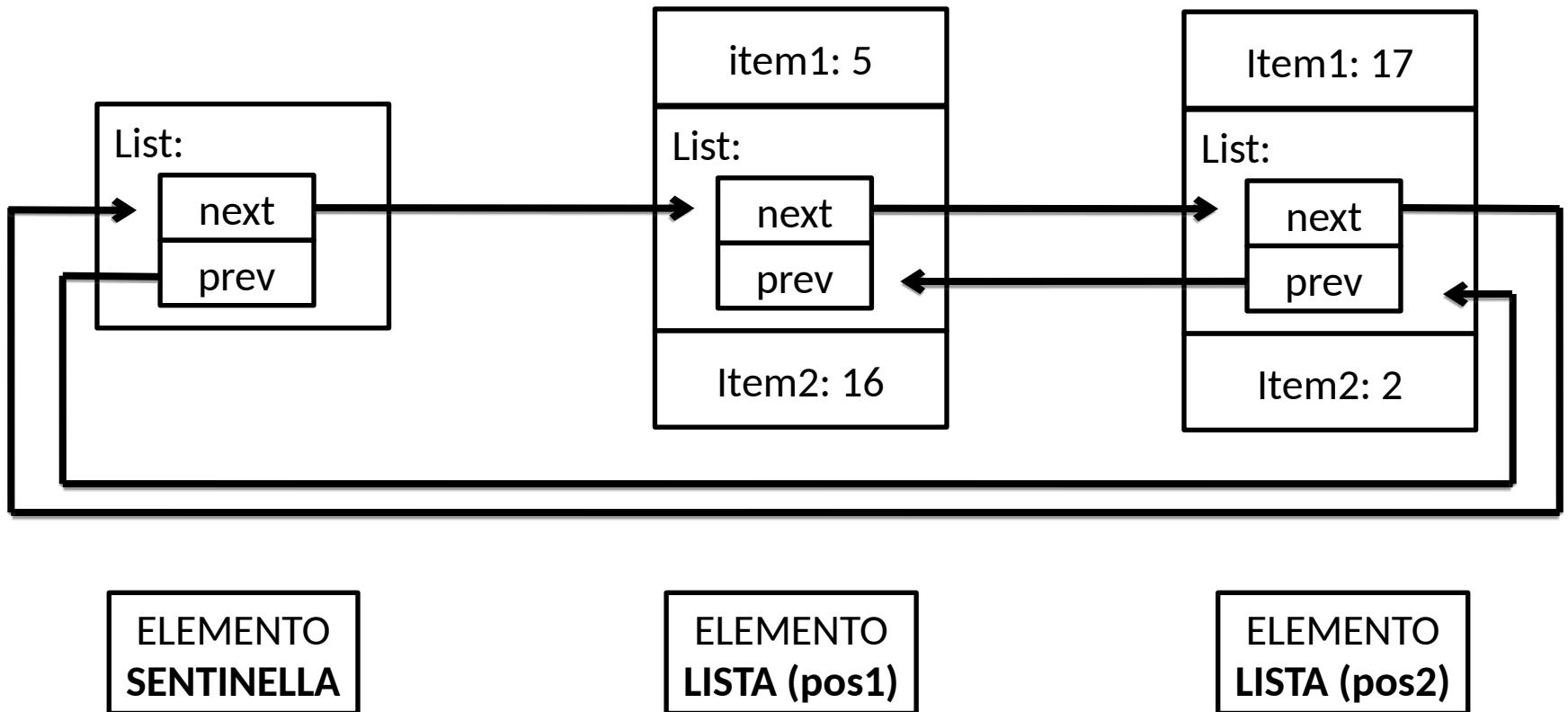
- Il concatenatore deve essere inserito all'interno della lista per collegarsi agli elementi successivi.

```
struct mylist {  
    int item1;  
    struct list_head list;  
    int item2;  
}
```

Il concatenatore può essere inserito ovunque ...

Il concatenatore può essere chiamato in qualsiasi modo.

# Liste del Linux-Kernel



# API per la gestione Liste

- Esistono un insieme di macro (include/linux/list.h) per la manipolazione/creazione delle liste ...
  1. *Inizializzazione di una lista vuota*
  2. *Aggiunta di un elemento in diverse posizioni*
  3. *Cancellazione di un elemento da una lista*
  4. *Controllo di lista vuota*
  5. *Scorrimento di una lista*



# Inizializzazione di Liste

- Inizializzazione dell'elemento sentinella in modo da far puntare i campi prev e next alla struttura list\_head che li contiene.
- Funzione inline **INIT\_LIST\_HEAD (&list)**  
list->next=list;  
list->prev=list;
- Altre macro per inizializzazione di liste:
  - **LIST\_HEAD\_INIT(list)**
  - **LIST\_HEAD(#nome variabile)**

# Verifica di Lista Vuota

- Funzione inline: `list_empty()`

```
int list_empty(struct list_head *head)
```

- `*head` è il `list_head` dell'elemento sentinella
- Restituisce `TRUE` se la lista è vuota, `FALSE` altrimenti ... Come? Verificando se i campi `next` e `prev` della sentinella puntano alla sentinella stessa...

```
return (head->next == head->prev)
```

# Aggiunta di un elemento

- Funzione inline: list\_add()

```
void list_add(struct list_head *new,  
struct list_head *head)
```

- \*new è il puntatore al list\_head del dato che si vuole inserire nella lista
- \*head è il puntatore all'elemento sentinella
- L'elemento puntato da new è inserito IN TESTA:

```
head->next->prev = new;  
new->next      = head->next;  
new->prev      = head;  
head->next     = new;
```

# Aggiunta di un elemento

- Funzione inline: `list_add_tail()`: Aggiunge un elemento in coda alla lista

```
void list_add_tail(struct list_head  
*new, struct list_head *head)
```

- Funzione inline: `__list_add()`: Aggiunge un elemento in posizione qualsiasi

```
void __list_add(struct list_head *new,  
               struct list_head *prev,  
               struct list_head *next)
```

# Rimozione di un elemento

- Funzione inline: `list_del()`: Rimuove un elemento dalla lista

```
void list_del(struct list_head *entry)
```

- Il puntatore `*entry` punta al `list_head` dell'elemento che si desidera eliminare.
- Non viene deallocata la struttura dati puntata da `*entry`, ma viene solo staccato il `list_head` dalla lista:

```
next->prev = prev;
```

```
prev->next = next;
```

# Accesso agli elementi

- Macro: `#container_of(ptr, type, member)`: Estrae una struttura dati dal contenitore.  
`#define container_of(ptr, type, member)`
- `*ptr` punta al `list_head` della struttura dati di cui si vuole ottenere un puntatore.
- `type` è il tipo di dato della struttura dati contenente il `list_head`.
- `member` è il nome della variabile `list_head` all'interno della struttura dati.
- Ritorna il puntatore alla struttura dati contenente `*ptr`.

# Scorrimento di lista

- Macro: #list\_for\_each(): Consente di scorrere il contenuto di una lista  
`#define list_for_each(pos, head)`
- \*pos è una variabile di tipo list\_head\*.
- \*head è il puntatore all'elemento sentinella.
- Scorre i list\_head con il ciclo seguente:  
for (pos=(head->next; pos!=(head);  
pos=pos->next)

# Scorrimento di lista

- Macro: `#list_for_each_entry()`: Consente di scorrere il contenuto di una lista

```
#define list_for_each_entry(pos, head,  
member)
```

- `*pos` è una variabile di tipo puntatore all'elemento.
- `*head` è il puntatore all'elemento sentinella.
- `member` è il nome del `list_head`
- Scorre la lista ed assegna il puntatore all'elemento corrente a `pos`



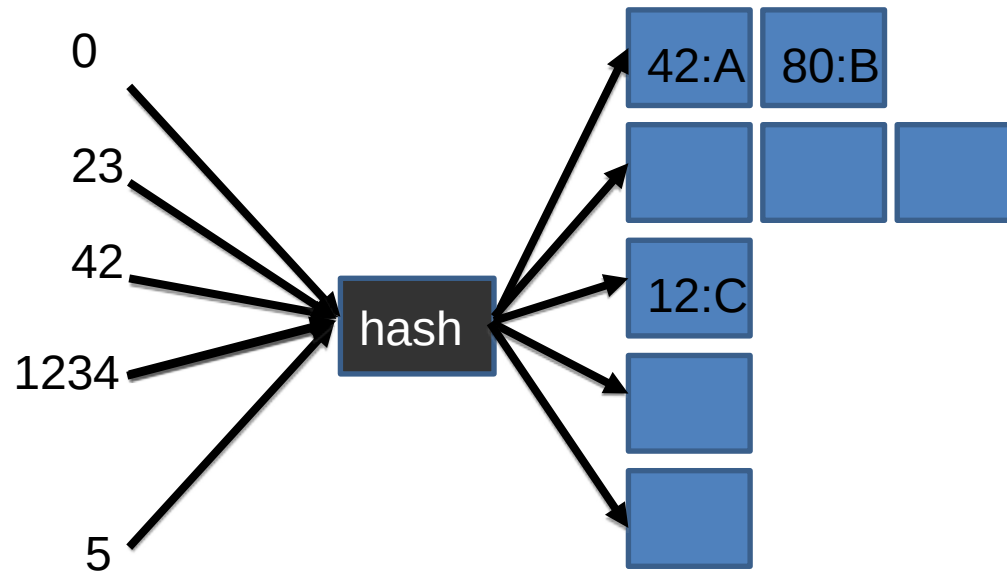
# Panda+ Operating System

## Compendio: **Le hash table del Kernel di Linux**

Anno Accademico 2021-2022

# Hash table di Elementi

- Una **hash table** è una struttura dati che contiene elementi indicizzati tramite una chiave.
- Implementata con una funzione di “hashing”, un array indicizzante liste:



# Hash del Linux-Kernel

- Il concatenatore deve essere inserito all'interno della hash per collegarsi agli elementi successivi.

```
struct myhash {  
    int item1;  
    struct hlist_node hash;  
}
```

Il concatenatore può essere inserito ovunque ...

Il concatenatore può essere chiamato in qualsiasi modo.

# Hash del Linux-Kernel

- L'hash table va dichiarata con la sua dimensione.
- `DEFINE_HASHTABLE(nome, dimensione)`
- La dimensione e' espressa nel **numero di bit** della chiave (la dimensione dell'array).
- Attenzione!!! 20 bit equivalgono a 4MB, cosa che renderebbe il vostro eseguibile molto grande.

# Hash del Linux-Kernel

- Per aggiungere elementi alla tabella bisognerà usare la funzione `hash_add`:

```
hash_add(hashtablename,  
         &item->link,  
         key);
```

- Questa aggiungerà alla hashtable `hashtablename` l'oggetto `item` con il suo descrittore contenuto nel campo `link`. Questo oggetto verrà associato alla chiave `key`.

# Hash del Linux-Kernel

- Per eliminare elementi alla tabella bisognerà usare la funzione `hash_del`:

```
hash_del(&item->link);
```

- Questa rimuoverà dalla hashtable `hashtablename` l'oggetto `item` con il suo descrittore contenuto nel campo `link`.

# Hash del Linux-Kernel

- Per scorrere la hash table e' possibile utilizzare la funzione (equivalente a quella delle liste)
- `hash_for_each(hashtablename, index, item, field)`
- Questa funzione scorre la lista degli elementi interni della tabella `hashtablename`, salvando un indice temporaneo in `index` e ritornando i valori in `item`.

# Hash del Linux-Kernel

- Per ottenere un valore da una chiave e' necessario usare la funzione (ciclo for)
- `hash_for_each_possible(hashtablename, item, field, key)`
- Questa funzione scorre la lista degli elementi interni della tabella `hashtablename` che hanno come valore chiave la chiave `key`, ritornando I valori in `item`.