

STRUTTURE DATI PER INDICI:

Struct Ausiliarie Per Velocizzare Accesso:

in AD ALBERO (Vlta scorsa)

- RIEMPIMENTO $\leftarrow \begin{matrix} \text{MAX} \\ \text{MIN} \end{matrix}$

OPERAZIONE RICERCA SU B+ TREE:

Ricerca Valore di Chiave K.

Passo 1: Cercare nel nodo Radice il più piccolo valore di chiave maggiore di K

Se $K=15$

P_1	3	P_2	...	15	P_i	19	...	P_{m-1}	123	P_m
-------	---	-------	-----	----	-------	----	-----	-----------	-----	-------

$K_i \geq K=15$

→ punta al SOTTOALBERO con chiavi

$15 \leq K_j \leq 19$

$\begin{matrix} (15) \\ K_i > K \end{matrix}$

Se K_i esiste \vee Seguo il PUNTATORE P_i , altrimenti Seguo il PUNTATORE P_m che \searrow puntare al SOTTOALBERO che ha Valori di Chiave $K_j \geq 123$

Passo 2: Continua Come Passo 1 finchè non Raggiungo il nodo foglia.

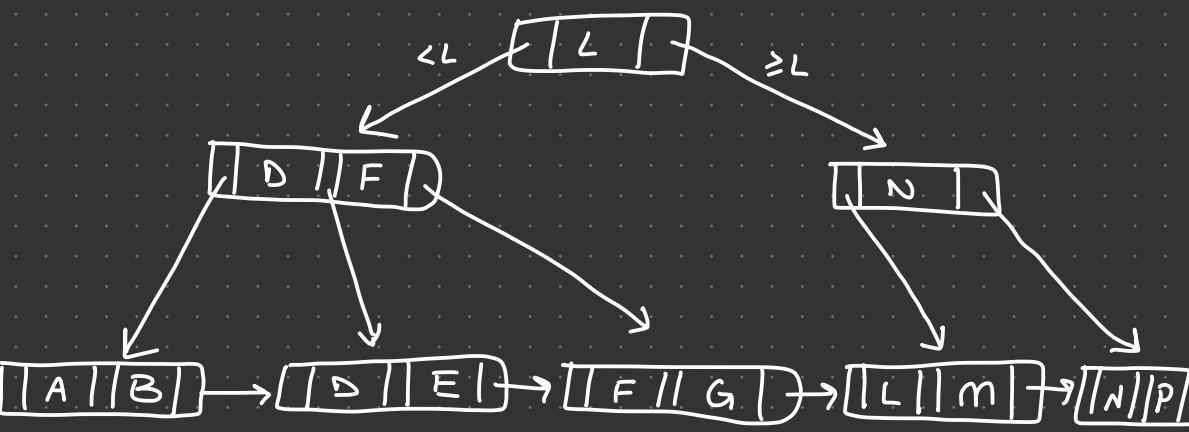
Allora cerco il Valore di chiave K e accedo alle TUPLE

	P_i	15	
--	-------	----	--

PUNTA ALLE TUPLE con Valore di Chiave K=15

Partendo da Questo Albero:

ALLA RICERCA DI G:



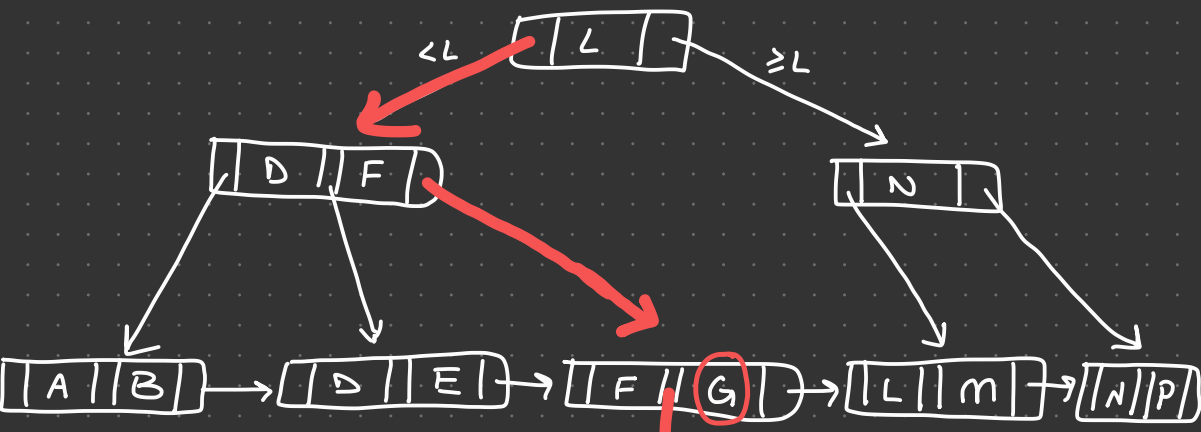
FAN-OUT = 4, rispetto ai Vincoli di RIEMPIMENTO: $2 \leq \# \text{chiavi} \leq 3$

foglia

$2 \leq \# \text{Puntatori} \leq 4$
intermedi

SEGUO QUESTI RAMI

ALLA RICERCA DI G:



Seguo Questo PUNTATORE che mi Porta al VALORE di chiave G

Per Verificare STRUTTURA Partice dai nodi foglia e Salire

BILANCIAMENTO \Rightarrow Garantire **Stessa profondità** Su TUTTI i
Remi

Mi dà il **costo** della Ricerca fatta \leftarrow
Tramite INDICE \rightarrow #Accessi Alla MEM. SECONDARIA

Complessità su Albero Bilanciato \bar{c} **Logaritmica** Sul numero dei NODI.

$$\text{Profondità di un B+Tree} \leq 1 + \log \left\lceil \frac{n}{2} \right\rceil \left(\frac{\# \text{Valori Chiave}}{\left\lceil \frac{n-1}{2} \right\rceil} \right)$$

Dove: $\#$ Valori Chiave = #Chiavi da Inserire Nell' Albero

Qual' è il #Max di Nodi Foglia? $N_{fmax} = \frac{\# \text{Valori Chiave}}{\left\lceil \frac{n-1}{2} \right\rceil}$

Vincolo Riempimento
Minimo

Posso Ora $\#$ CALCOLARE I LIVELLI:

N_{maxLvl} necessari per Gestire N_{fmax} foglie è:

$$N_{Lvlmax} = \log \left\lceil \frac{n}{2} \right\rceil (N_{fmax})$$

INSERIMENTO B+TREE:

Può MODIFICARE Struttura dell' Albero

PASSO 1: Ricerca il NODO FOGLIA N_f dove K deve ESSERE
INSERITO (uso op. DI RICERCA)

PASSO 2: Se K è Presente in N_f :

Se INDICE è PRIMARIO allora Nessuna Azione

Altrimenti si Aggiorna il BUCKET dei Puntatori

Altrimenti inserisco K rispettando l'ORDINE delle CHIAVI

Se INDICE PRIMARIO inserire puntatore Alla TUPLA con Chiave K

Altrimenti Si crea NUOVO BUCKET di puntatori Contenente il PUNTAIORE ALLA TUPLA

$n=5$

$K=15$

$NF =$

3	8	12	16	18
---	---	----	----	----

n Violato

$NF' =$

3	8	12	15	16	18
---	---	----	----	----	----

$\downarrow P_{15}$

Devo PERÒ TENER CONTO DEL Vincolo DI RIEMPIMENTO

MASSIMO $\Rightarrow \lceil \frac{n-1}{2} \rceil \leq \# \text{Chiavi} \leq n-1$

Se l'INSERIMENTO di un nuovo Valore di Chiave All'Interno di un NODO Spegna VIOLA il Vincolo di RIEMPIMENTO MAX faccio la **SPLIT**



DIVIDE IN 2 Nodi UN NODO:

① I primi $\lceil \frac{n-1}{2} \rceil$ Vanno Nel Primo

② I rimanenti Nel Secondo

$n=5$ Quindi $\frac{5-1}{2}$ Sono Nel Primo

3	8	12	15	16	18
---	---	----	----	----	----



①

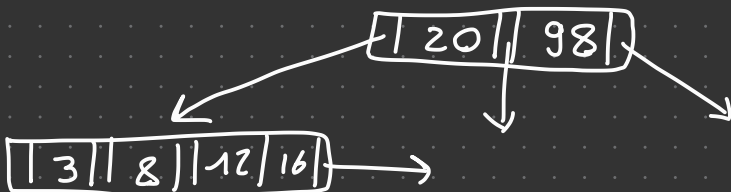


②

③ Inserire Nel **Nodo Padre** un **PUNTATORE** al **Secondo NODO**
Aggiustando i Valori di Chiave presenti Nel PADRE

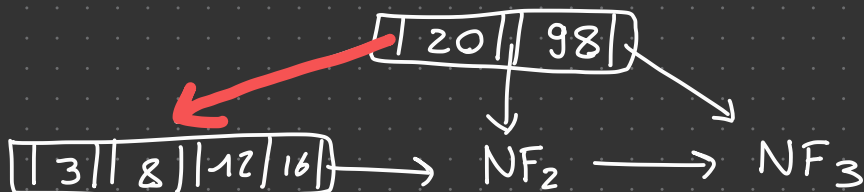
④ **PROPAGARE L'AGGIORNAMENTO** \Rightarrow Spit (e Volte Aggiungere Anche un Intero livello)

ESEMPIO:



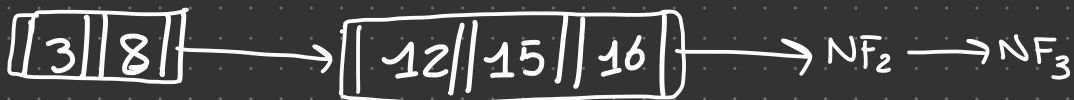
Voglio Inserire $K=15$ con fan-out $n=5$

① Ricerca il Val di chiave Immediatamente dopo 15 (che è 20)

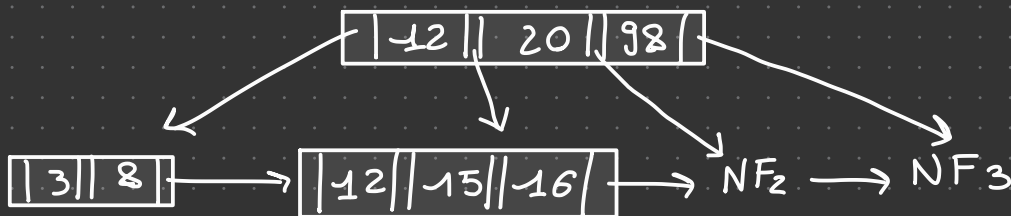


Ma $2 \leq \#Chiaavi \leq 4$
NON Viene RISPETTATO

② Splitto; Nuova Seconda la Regola $\lceil \frac{n-1}{2} \rceil$



③ Aggiorno Nodo Radice



④ Radice Rispetta i Vincoli? Sì, $2 \leq \# \text{Puntatori} \leq 5$ Quindi lo SPLIT finisce Qui, altrimenti Avrei SPLITATO la RADICE

CANCELLAZIONE B-TREE:

Può Violare RIEMPIMENTO Minimo:

① Ricerca nodo FOGLIA N_f che CONTIENE il Valore K da Cancellare

② Cancello K ed il Suo puntatore:

Il INDICE SECONDARIO libero BUCKET dei CONTATORI

ESEMPIO:



$K=12$ da Rimuovere



Se DOPO la Cancellazione di K da N_f VIENE VIOLATO il Vincolo di RIEMPIMENTO minimo allora si Esegue l'operazione di MERGE:

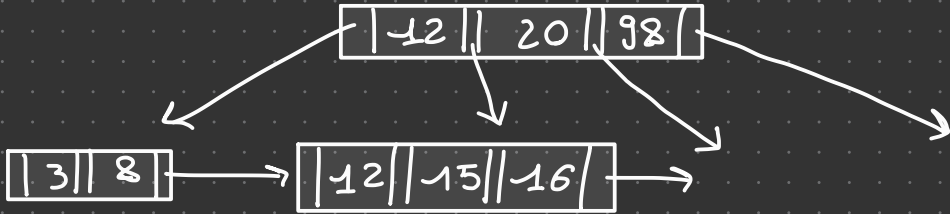
Il Va Individuato il nodo foglia fratello (ADIACENTE) da UNIRE

Il Generare un Unico NODO Contenente TUTTE le Chiavi

Il Togliere un Puntatore dal PADRE ed Aggiustare gli ALTRI

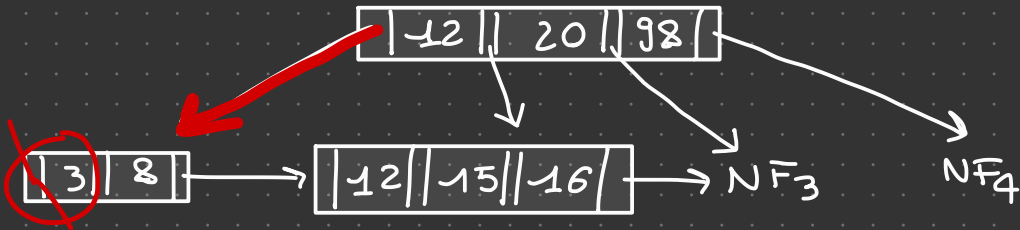
Se Anche il PADRE Viola il Vincolo Di Riempimento Minimo, Propagare il MERGE

ESEMPIO:

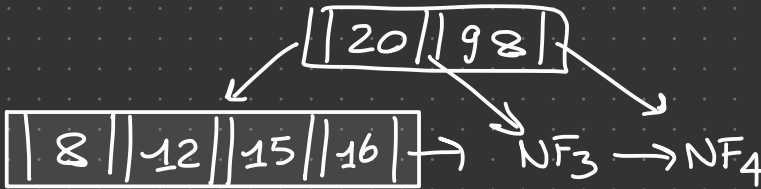


Voglio Eliminare $K=3$

④ TROVARE NODO

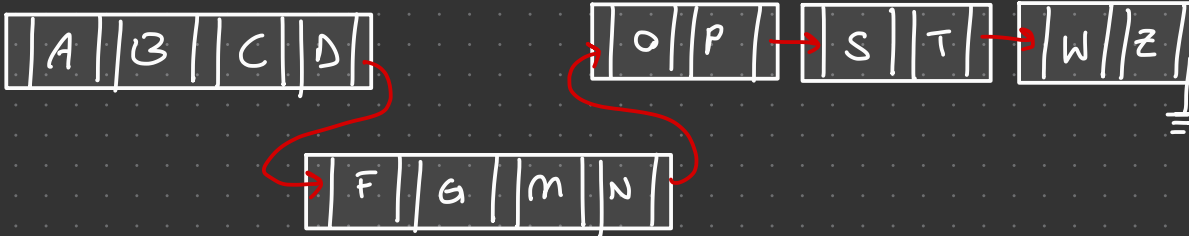


Ma VIOLA VINCOLO DI RIEMPIMENTO



DA ESAME.

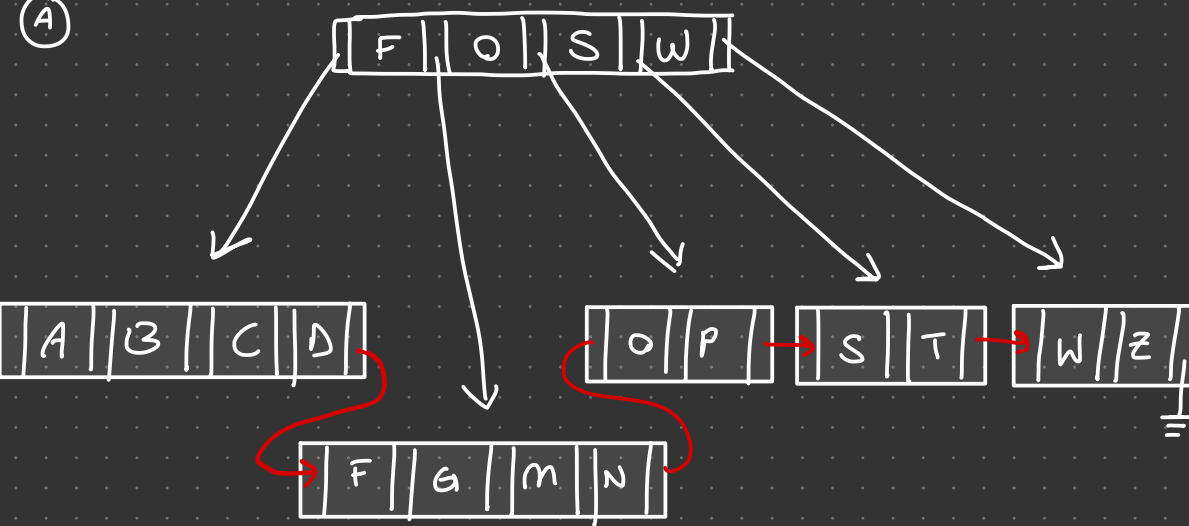
Costruire un B+Tree con fan-Out = 5 con i seguenti nodi foglia



Vincoli:

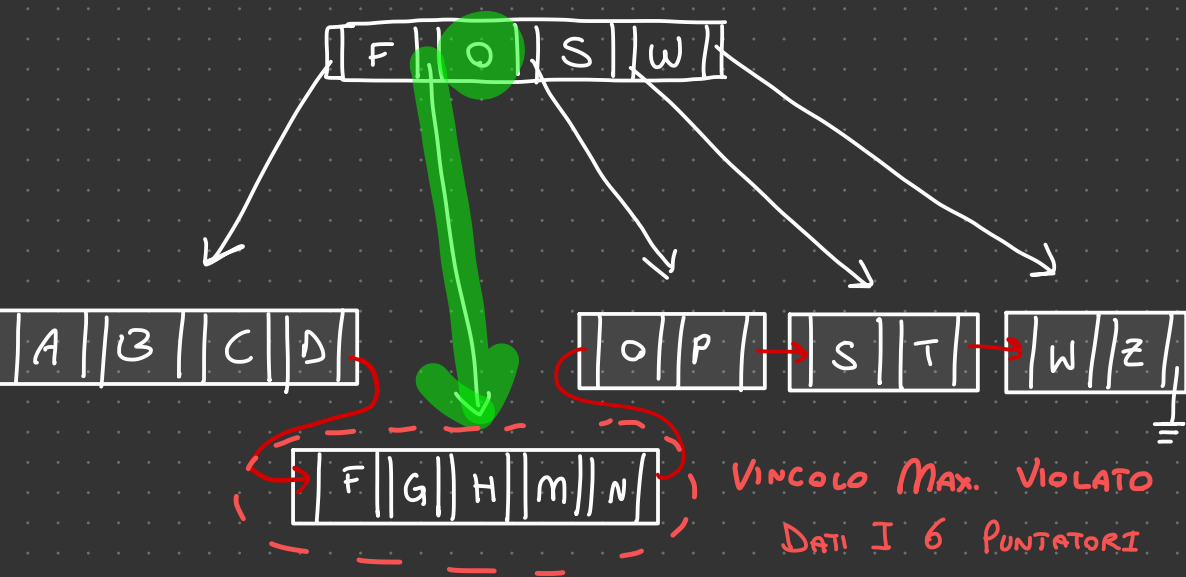
- $2 \leq \#Chia\grave{v}i \leq 4$
- $3 \leq \#Puntatori \leq 5$

(A)



③ Inserire H

Ricerca il Nodo foglia Più Piccolo Più Grande (o)



Devo fare lo SPLIT:

① 2 [F | G |

② 3 [H | M | N |

Mi Servono 6 Puntatori Ma la RADICE non può CONTENERLA

[F | H |

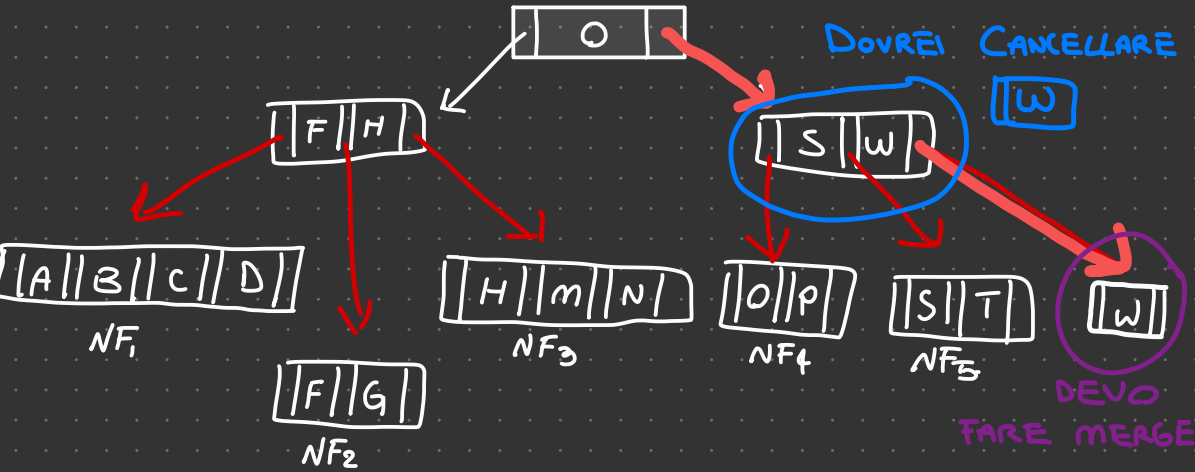
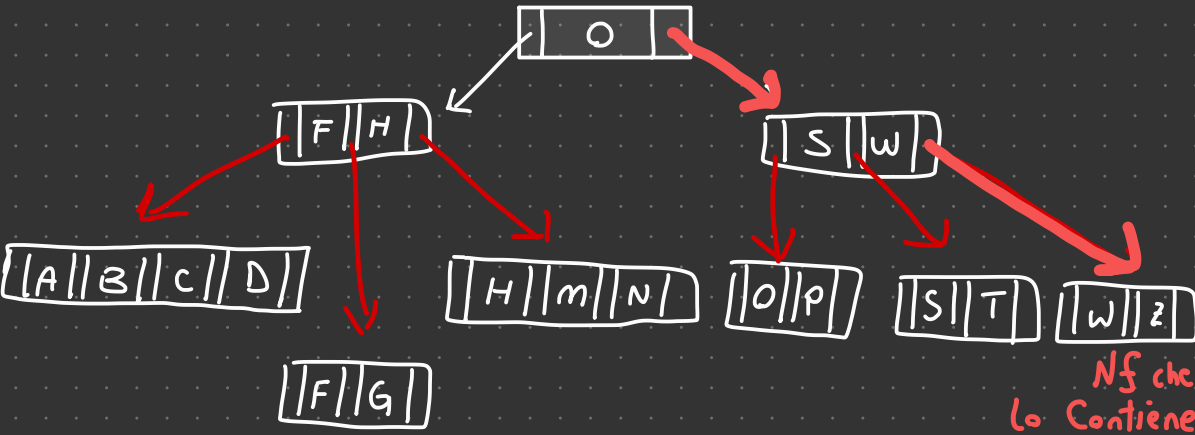
[S | W |

Serve una Nuova Radice (Abbiamo Inserito un nuovo livello)



devo Arrivare fino in fondo all' Albero

③ CANCELLARE il Valore z



NF₁ → NF₂ → NF₃ → NF₄ → NF₅'
NF₁ → NF₂ → NF₃ → NF₄ → [S|T|W|]

facendo UN ALTRO MERGE ELIMINO UN LIVELLO:

F		H		O		S	
---	--	---	--	---	--	---	--