

Datové a procesní modely

[Relační databáze]

Přednáška 5 d_BitMap

Marian Kamenický

Synte software group a.s.
marian.kamenicky@syntea.cz

MFFUK Praha

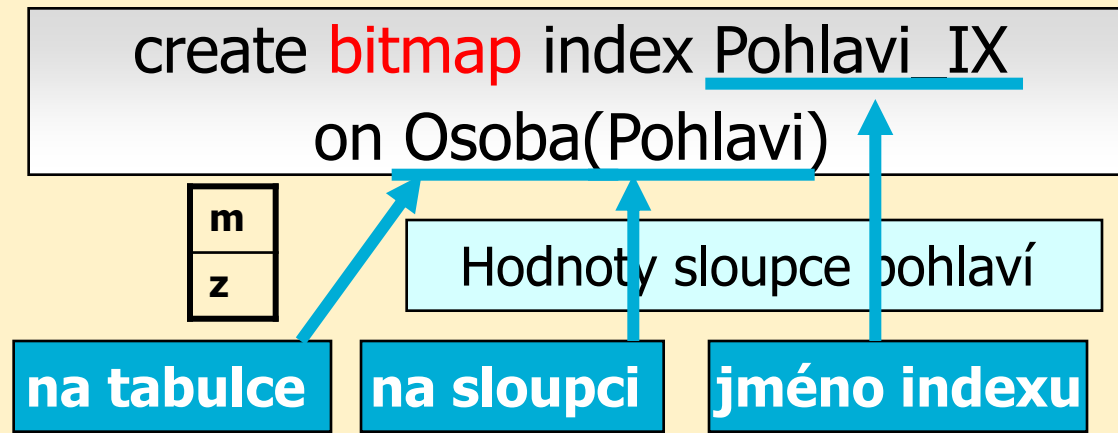
2019/20

Typy indexů

- b-stromy
- r-stromy
- **bitové mapy**
- funkční indexy
- hash indexy
- doménové indexy
- členěné indexy
- klastrované indexy
- prostorové indexy
- IOT index only tables

Bitmap indexy

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z



- bitmap index pro sloupce s opakujícími se hodnotami
- pohlaví má pouze 2 hodnoty [m,z]
- vytvoříme na sloupci **Pohlavi** bitmap index
- zaznamenají se **všechny možné** hodnoty sloupce
- ke každé hodnotě se zapíše bit Ano (1)-Ne (0)
 - pro každou řádku tabulky
- pro každou řádku se určí, zda tam hodnota je či není

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	
z	



Bit pro rowid = 1 (Pepa)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m->1
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	
z	

Pepa má hodnotu **m**

v bitové mapě hodnoty **m** se nastaví ANO-1

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1
z	

Pepa má hodnotu **m**

v bitové mapě hodnoty **m** se nastaví ANO-1

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1
z	



Pepa nemá hodnotu **z**
v bitové mapě hodnoty **z** se nastaví NE-0

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1
z	0

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m->0
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Pepa nemá hodnotu **z**

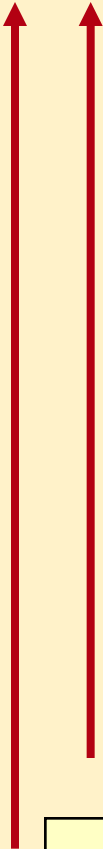
v bitové mapě hodnoty **z** se nastaví NE-0

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	
z	0	



Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	
z	0	

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z -> 0
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Jana nemá hodnotu **m**

v bitové mapě hodnoty **m** se nastaví NE-0

Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0
z	0	

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Jana nemá hodnotu **m**

v bitové mapě hodnoty **m** se nastaví NE-0

Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0
z	0	

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z -> 1
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Jana má hodnotu **z**

v bitové mapě hodnoty **z** se nastaví ANO-1

Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0
z	0	1

Jana má hodnotu **z**

v bitové mapě hodnoty **z** se nastaví ANO-1

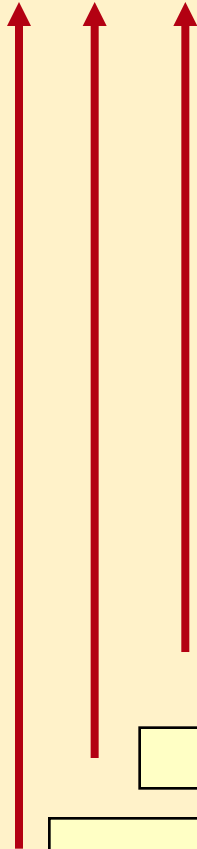
Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	
z	0	1	



Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

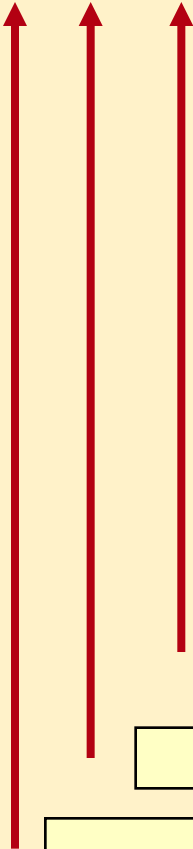
Bit pro rowid = 1 (Pepa)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0
z	0	1	



Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

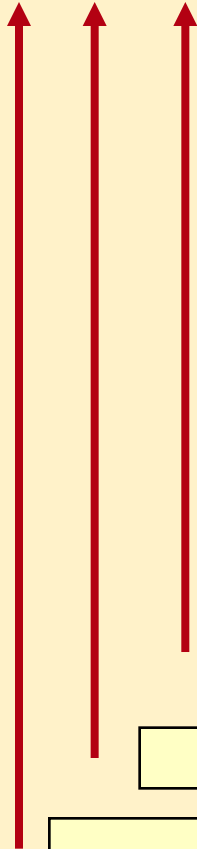
Bit pro rowid = 1 (Pepa)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0
z	0	1	1



Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

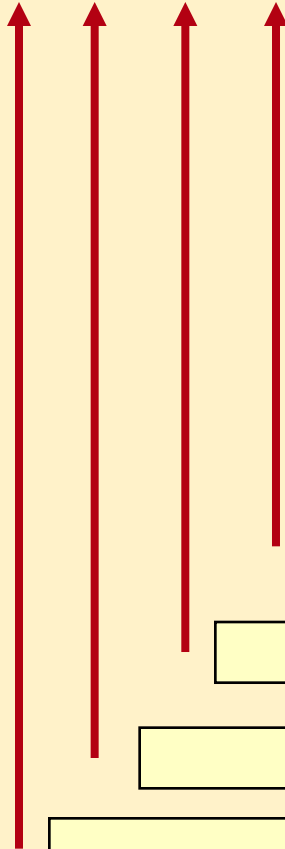
Bit pro rowid = 1 (Pepa)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	
z	0	1	1	



Bit pro rowid = 4 (Adam)

Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

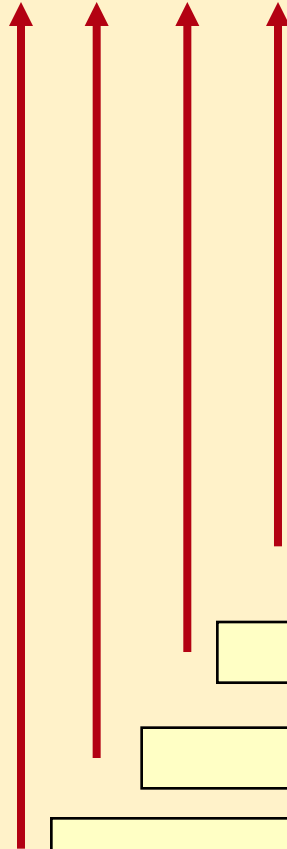
Bit pro rowid = 1 (Pepa)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1
z	0	1	1	



Bit pro rowid = 4 (Adam)

Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

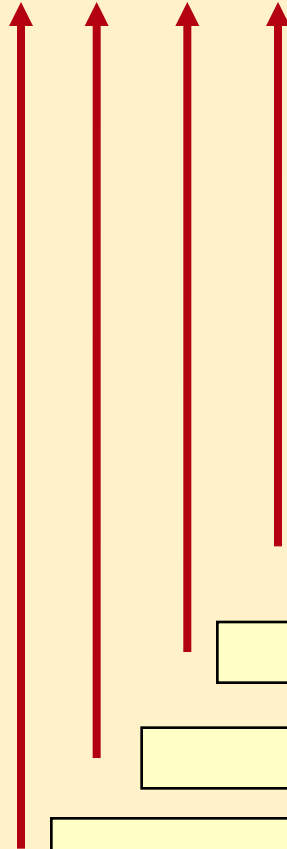
Bit pro rowid = 1 (Pepa)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1
z	0	1	1	0



Bit pro rowid = 4 (Adam)

Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

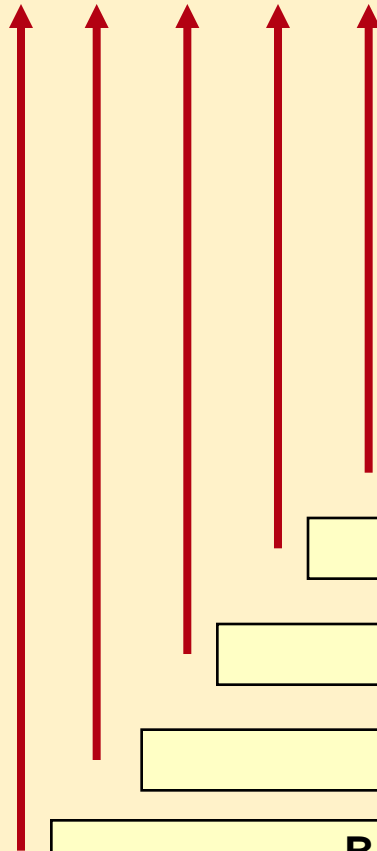
rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	
z	0	1	1	0	

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z



Bit pro rowid = 5 (Filip)

Bit pro rowid = 4 (Adam)

Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

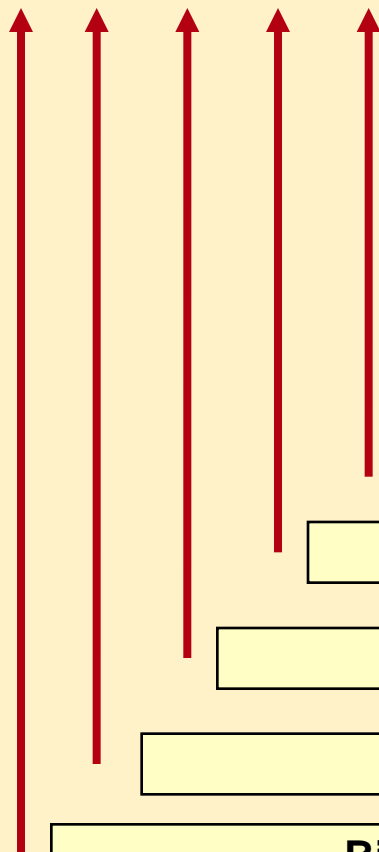
Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	1
z	0	1	1	0	

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z



Bit pro rowid = 5 (Filip)

Bit pro rowid = 4 (Adam)

Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

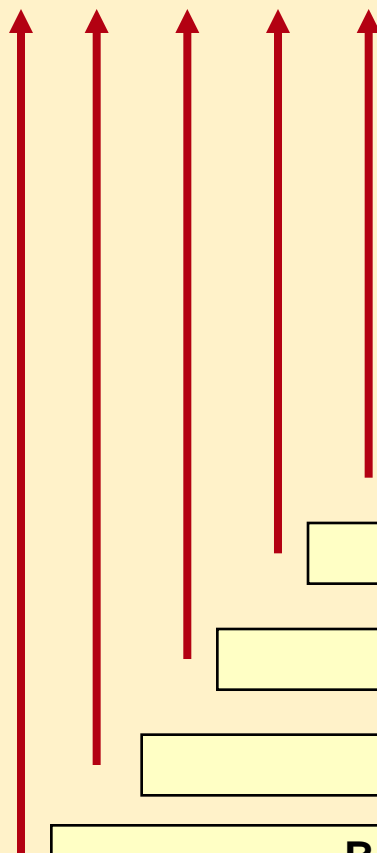
Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	1
z	0	1	1	0	0

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z



Bit pro rowid = 5 (Filip)

Bit pro rowid = 4 (Adam)

Bit pro rowid = 3 (Hana)

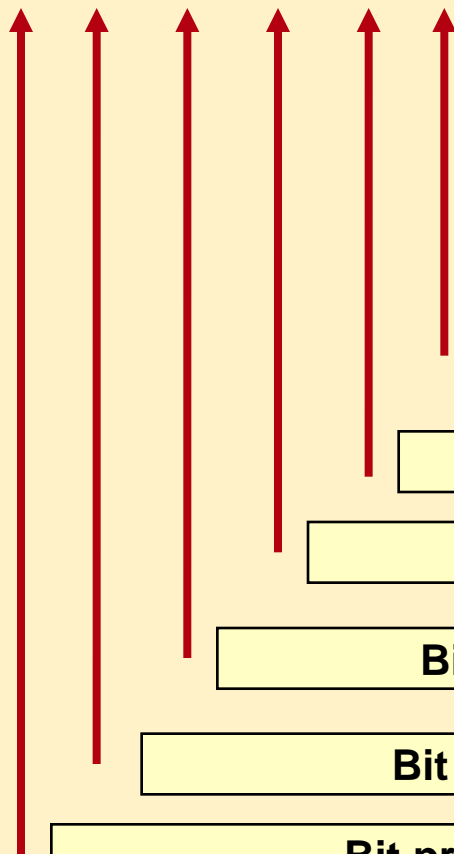
Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	1	
z	0	1	1	0	0	



Bit pro rowid = 6 (Karel)

Bit pro rowid = 5 (Filip)

Bit pro rowid = 4 (Adam)

Bit pro rowid = 3 (Hana)

Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

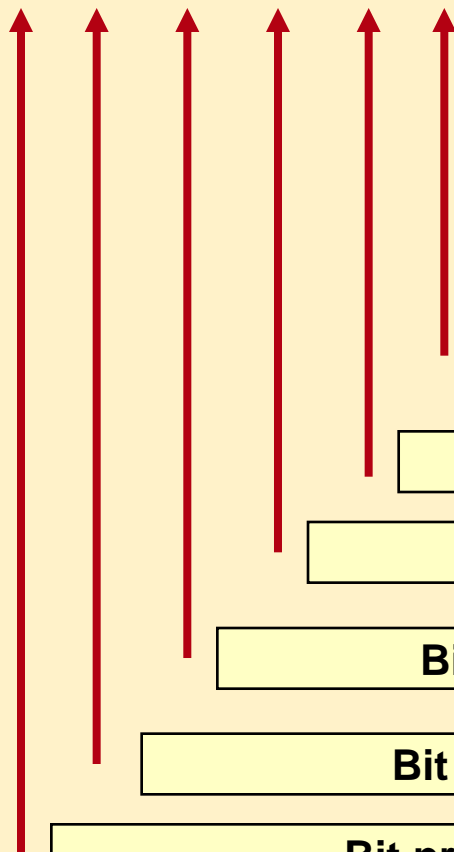
rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	1	1
z	0	1	1	0	0	

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z



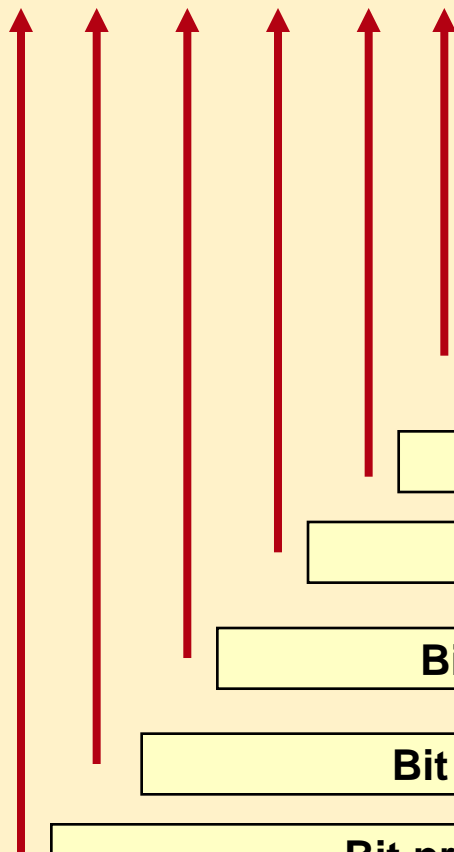
- Bit pro rowid = 6 (Karel)
- Bit pro rowid = 5 (Filip)
- Bit pro rowid = 4 (Adam)
- Bit pro rowid = 3 (Hana)
- Bit pro rowid = 2 (Jana)
- Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	1	1
z	0	1	1	0	0	0

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z



Bit pro rowid = 6 (Karel)

Bit pro rowid = 5 (Filip)

Bit pro rowid = 4 (Adam)

Bit pro rowid = 3 (Hana)

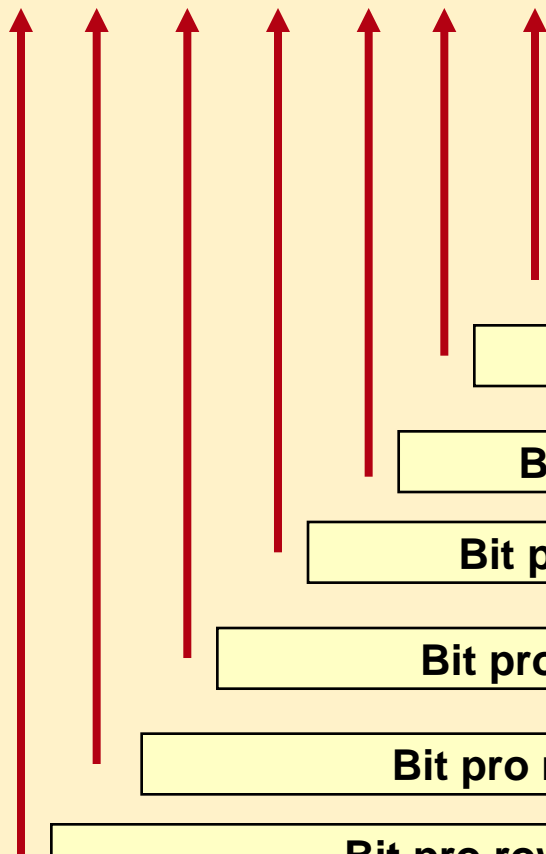
Bit pro rowid = 2 (Jana)

Bit pro rowid = 1 (Pepa)

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	1	1	
z	0	1	1	0	0	0	



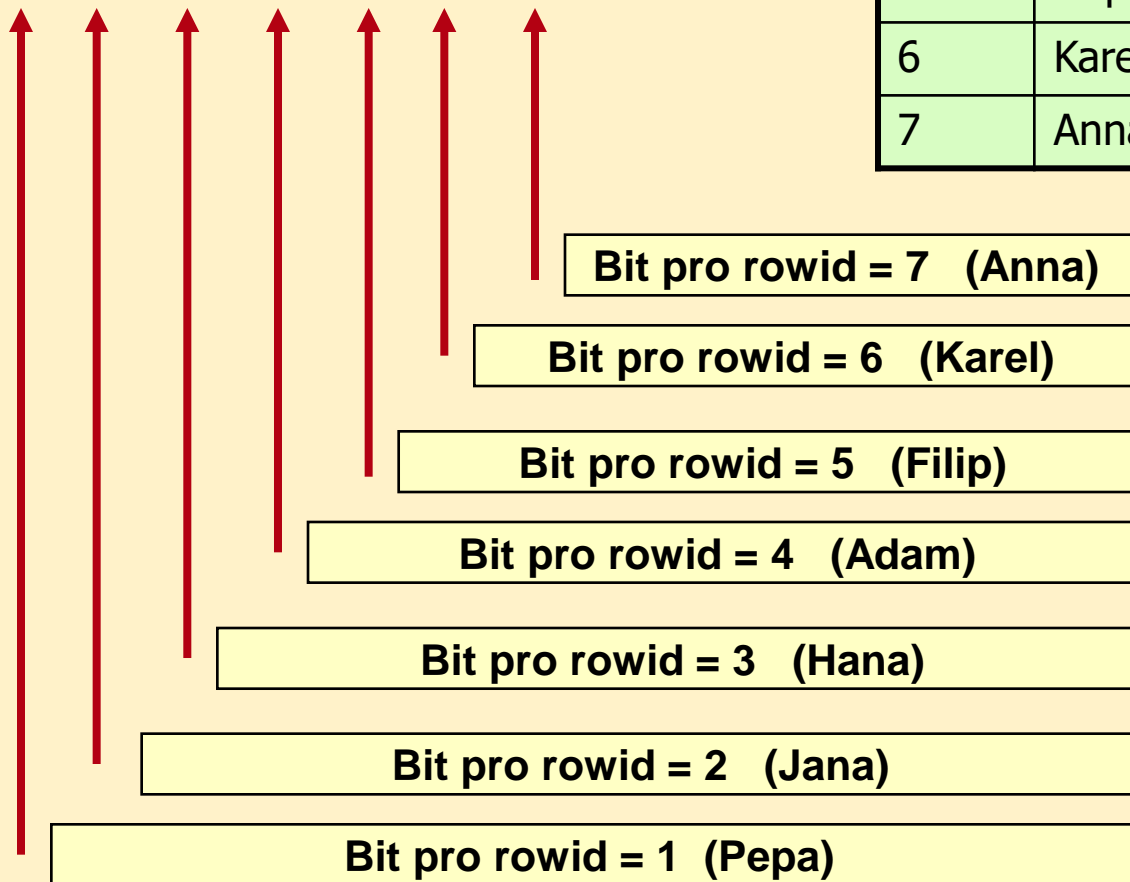
rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	

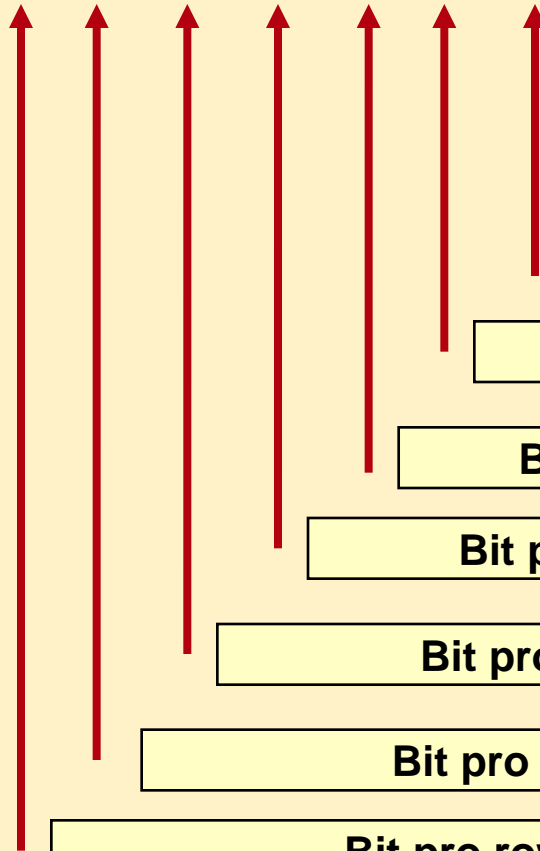
rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z



Bitmap indexy

K hodnotám se přidává bitová mapa

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	1



rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	1

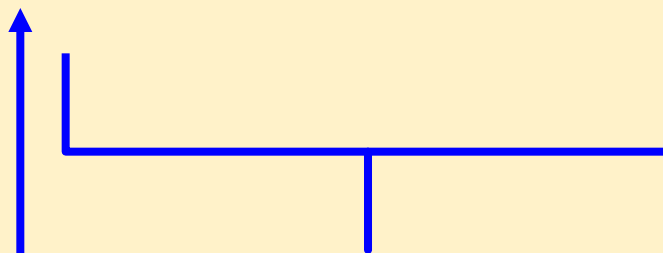


Hodnota sloupce (Indexu)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	1



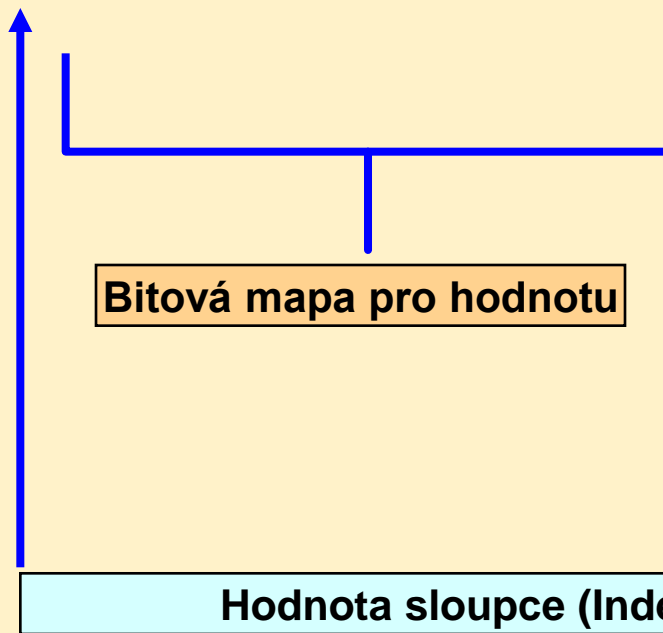
Bitová mapa pro hodnotu

Hodnota sloupce (Indexu)

rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap indexy

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	1



rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

Bitmap index pro unique

Hod1	1	0	0	0	0	0	0
------	---	---	---	---	---	---	---

Bitmap index pro unique

Hod1	1	0	0	0	0	0	0
Hod2	0	1	0	0	0	0	0

Bitmap index pro unique

Hod1	1	0	0	0	0	0	0
Hod2	0	1	0	0	0	0	0
Hod3	0	0	1	0	0	0	0

Bitmap index pro unique

Hod1	1	0	0	0	0	0	0
Hod2	0	1	0	0	0	0	0
Hod3	0	0	1	0	0	0	0
Hod4	0	0	0	1	0	0	0

Bitmap index pro unique

Hod1	1	0	0	0	0	0	0
Hod2	0	1	0	0	0	0	0
Hod3	0	0	1	0	0	0	0
Hod4	0	0	0	1	0	0	0
Hod5	0	0	0	0	1	0	0

Bitmap index pro unique

Hod1	1	0	0	0	0	0	0
Hod2	0	1	0	0	0	0	0
Hod3	0	0	1	0	0	0	0
Hod4	0	0	0	1	0	0	0
Hod5	0	0	0	0	1	0	0
Hod6	0	0	0	0	0	1	0

Bitmap index pro unique

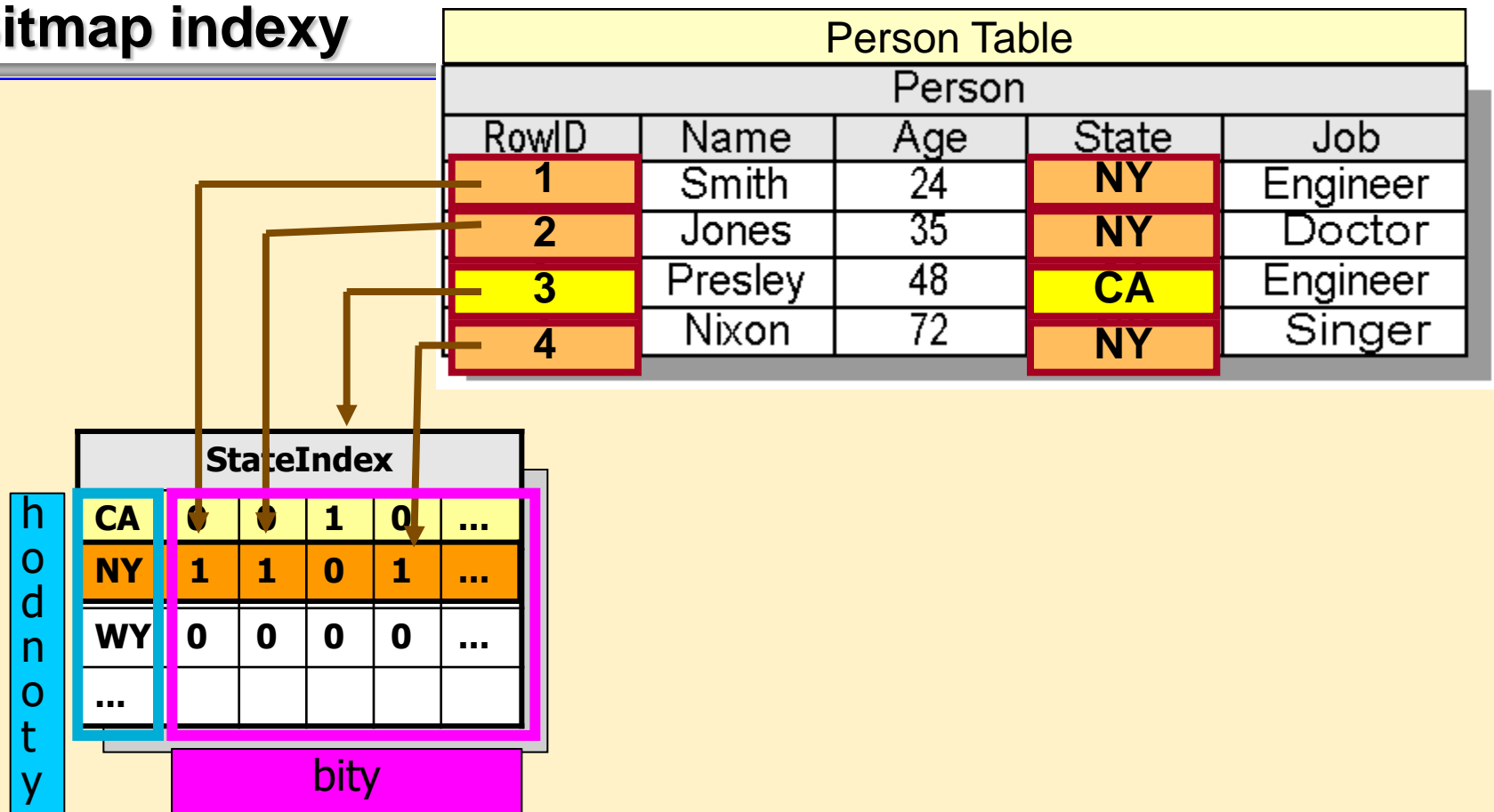
Hod1	1	0	0	0	0	0	0
Hod2	0	1	0	0	0	0	0
Hod3	0	0	1	0	0	0	0
Hod4	0	0	0	1	0	0	0
Hod5	0	0	0	0	1	0	0
Hod6	0	0	0	0	0	1	0
Hod7	0	0	0	0	0	0	1

Pokud je index UNIQUE

■ nemůže být typu BITMAP

[může, ale nemá to smysl]

Bitmap indexy



- Bitmap index je dvojrozměrné pole
- řádky tvoří všechny možné hodnoty sloupce tabulky
- sloupce jsou bitové hodnoty ANO-NE
 - 1 - hodnota řádky **je** v daném sloupci tabulky přítomna
 - 0 - hodnota řádky **není** v daném sloupci tabulky přítomna

Bitmap indexy

Person Table				
Person				
RowID	Name	Age	State	Job
1	Smith	24	NY	Engineer
2	Jones	35	NY	Doctor
3	Presley	48	CA	Engineer
4	Nixon	72	NY	Singer

StateIndex					
CA	0	0	1	0	...
NY	1	1	0	1	...
WY	0	0	0	0	...
...					

AgeIndex					
24	1	0	0	0	...
35	0	1	0	0	...
48	0	0	1	0	...
...					

```
SELECT *  
FROM Person  
WHERE State="NY" AND Age = 24
```

AND

Výsledek	1	0	0	0	...
	1	0	0	0	...

Bitmap indexy

Person Table				
Person				
RowID	Name	Age	State	Job
1	Smith	24	NY	Engineer
2	Jones	35	NY	Doctor
3	Presley	48	CA	Engineer
4	Nixon	72	NY	Singer

StateIndex					
CA	0	0	1	0	...
NY	1	1	0	1	...
WY	0	0	0	0	...
...					

AgeIndex					
24	1	0	0	0	...
35	0	1	0	0	...
48	0	0	1	0	...
...					

```
SELECT *
FROM Person
WHERE State="NY" AND Age = 24
```

NY	1	1	0	1	...
----	---	---	---	---	-----

AND

24	1	0	0	0	...
----	---	---	---	---	-----

Výsledek	1	0	0	0	...
----------	---	---	---	---	-----

Bitmap indexy - užití

- pro sloupce - mají málo unikátních hodnot
 - jednotlivé hodnoty mají velký výskyt
 - často se opakují - **slabá kardinalita**

Bitmap indexy - užití

- pro sloupce - mají málo unikátních hodnot
 - jednotlivé hodnoty mají velký výskyt
 - často se opakují - slabá kardinalita
- u datových skladů při spojování (join)
 - velké tabulky faktů s malými tabulkami dimenzí

Bitmap indexy - užití

- pro sloupce - mají málo unikátních hodnot
 - jednotlivé hodnoty mají velký výskyt
 - často se opakují - slabá kardinalita
- u datových skladů při spojování (join)
 - velké tabulky faktů s malými tabulkami dimenzí
- zlepšují
 - využití diskového místa
 - výkonnost (vyhledávání, ...)

Bitmap indexy - užití

- pro sloupce - mají málo unikátních hodnot
 - jednotlivé hodnoty mají velký výskyt
 - často se opakují - slabá kardinalita
- u datových skladů při spojování (join)
 - velké tabulky faktů s malými tabulkami dimenzí
- zlepšují
 - využití doskového místa
 - výkonnost (vyhledávání, ...)
- změna tabulky (update, delete, insert)
 - full table lock

Nevýhoda. Zamykání tabulky.

Bitmap indexy - užití

- pro sloupce - mají málo unikátních hodnot
 - jednotlivé hodnoty mají velký výskyt
 - často se opakují - slabá kardinalita
- u datových skladů při spojování (join)
 - velké tabulky faktů s malými tabulkami dimenzí
- zlepšují
 - využití doskového místa
 - výkonnost (vyhledávání, ...)
- změna tabulky (update, delete, insert)
 - full table lock
- vybrání podstatné části tabulky
 - i v tomto případě je Bitmap index výhodný

Nevýhoda. Zamykání tabulky.

Bitmap indexy - použití

- vícenásobné podmínky AND na dané tabulce
- vícenásobné podmínky OR na dané tabulce
- podmínky rozsahu na dané tabulce
- operace součtů COUNT na dané tabulce

```
..... WHERE podmínka (sl1) AND podmínka (sl2)
```

```
..... WHERE podmínka (sl1) OR podmínka (sl2)
```

```
..... WHERE sl1 BETWEEN nn AND mm
```

```
SELECT count (sl1) FROM tab
```

Bitmap indexy - operace COUNT na dané tabulce

Osoba		
rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	1

m OR z	1	1	1	1	1	1	1
--------	---	---	---	---	---	---	---

$$\Sigma = 7$$

SELECT count (Pohlavi) FROM Osoba

7

Bitmap indexy - operace COUNT na dané tabulce

```
SELECT Pohlavi, count (*)  
FROM Osoba  
Group By Pohlavi
```

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	1

$$\Sigma = 4$$

$$\Sigma = 3$$

Osoba		
rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

- hodnoty Pohlaví [m,z] vzít z bitové mapy
- součty zjistit součtem bitů
- výsledek SELECTu vyroben z bitové mapy

Bitmap indexy - operace COUNT na dané tabulce

```
SELECT Pohlavi, count (*)  
FROM Osoba  
Group By Pohlavi
```

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	1

$$\Sigma = 4$$

$$\Sigma = 3$$

m	4
z	3

Osoba		
rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	m
2	Jana	z
3	Hana	z
4	Adam	m
5	Filip	m
6	Karel	m
7	Anna	z

- hodnoty Pohlaví [m,z] vzít z bitové mapy
- součty zjistit součtem bitů
- výsledek SELECTu vyroben z bitové mapy

Bitmap indexy - operace COUNT na dané tabulce

```
SELECT Pohlavi, count (*)  
FROM Osoba  
Group By Pohlavi
```

m	1	0	0	1	1	1	0
z	0	1	1	0	0	0	1

$$\Sigma = 4$$

$$\Sigma = 3$$

Osoba	
Pohlavi	count(*)
m	4
z	3

Osoba		
rowid	Jmeno	Pohlavi
1	Pepa	M
2	Jana	Z
3	Hana	Z
4	Adam	M
5	Filip	M
6	Karel	M
7	Anna	Z

- hodnoty Pohlaví [m,z] vzít z bitové mapy
- součty zjistit součtem bitů
- výsledek SELECTu vyroben z bitové mapy
- **z tabulky Osoba nepřčten ani bajt**