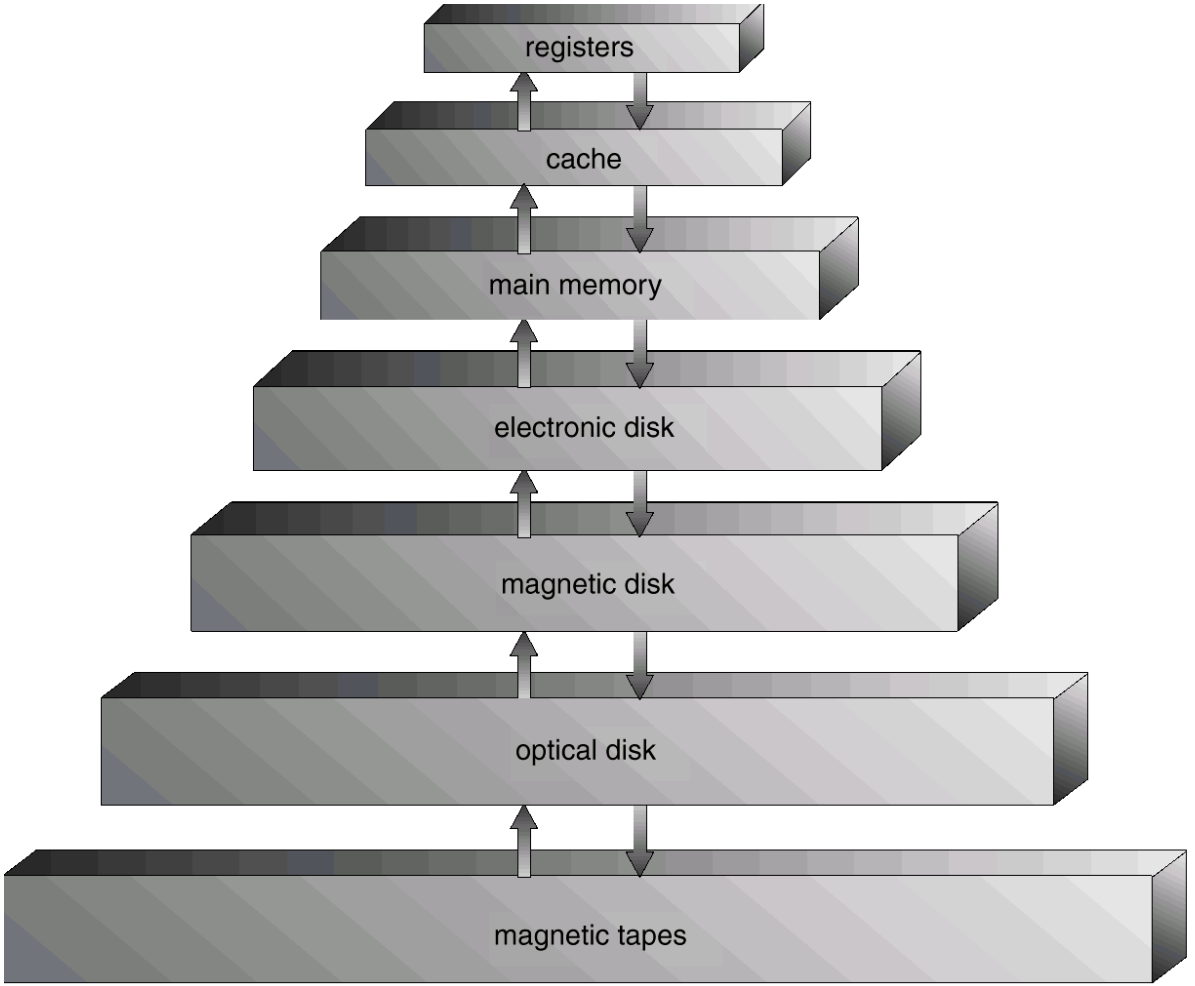
Wykład 7

Zarządzanie pamięcią

Świat idealny a świat rzeczywisty

- W idealnym świecie pamięć powinna ...
  - Mieć bardzo dużą pojemność.
  - Mieć bardzo krótki czas dostępu
  - Być nieulotna (zawartość nie jest tracona po wyłączeniu zasilania).
- W świecie rzeczywistym pamięć jest ...
  - Szybka
  - O dużej pojemności
  - Tania
  - ***Wybierz dowolne dwa z trzech powyższych warunków***
- Cel zarządzania pamięcią:
  - Aby rzeczywistość jak najbardziej przybliżała ideał.

Hierarchia pamięci



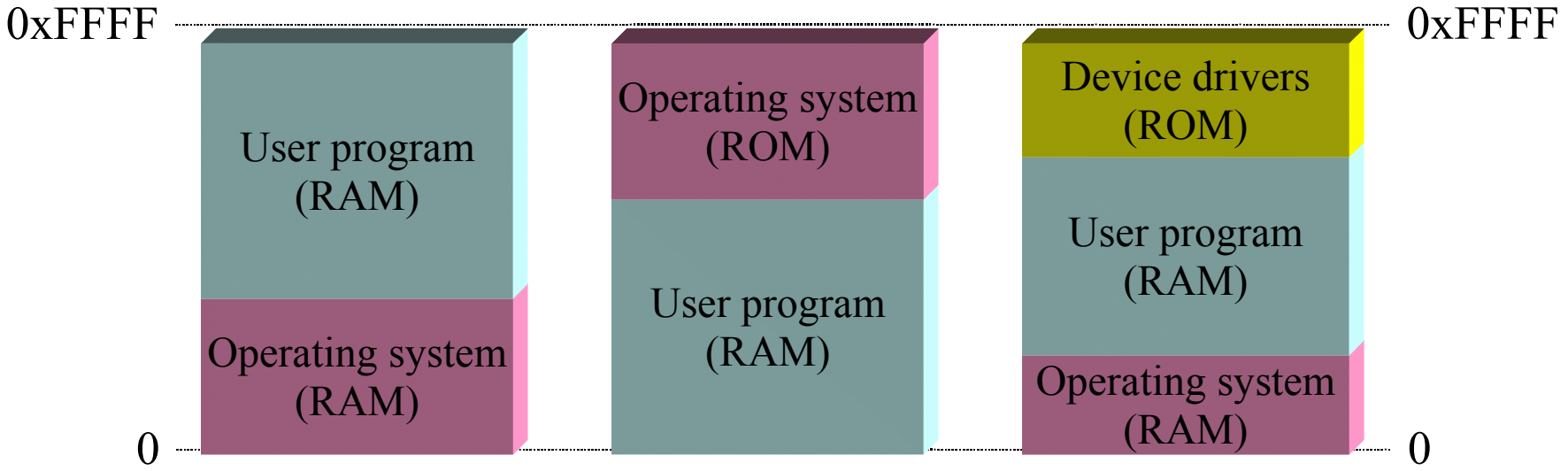
- Przemieszczając się w dół hierarchii
  - Zwiększamy czas dostępu
  - Zmniejszamy koszt jednego bajtu

Hierarchia pamięci

- Rejestry procesora: dostęp najszybszy, pojemność najmniejsza.
- Pamięć podręczna (ang. cache memory). Na ogół kilka poziomów (L1,L2, L3). Przechowuje najczęściej używane dane z pamięci operacyjnej. Często niewidoczna dla programisty aplikacji.
  - Przykład: AMD Athlon XP.
  - 128 KB L1 cache (64 KB dane + 64 KB program)
  - 512 KB L2 cache (dane + program).
  - L1 znacznie szybsza od L2
- Pamięć operacyjna (DRAM). Średnia szybkość i średni koszt.
- Pamięć dyskowa: Tania, Nieulotna, Duża pojemność, Bardzo duży czas dostępu.

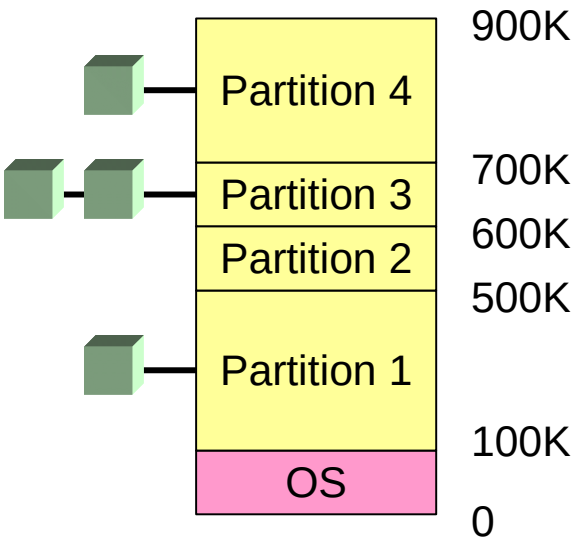
Proste zarządzanie pamięcią w systemie jednoprogramowym

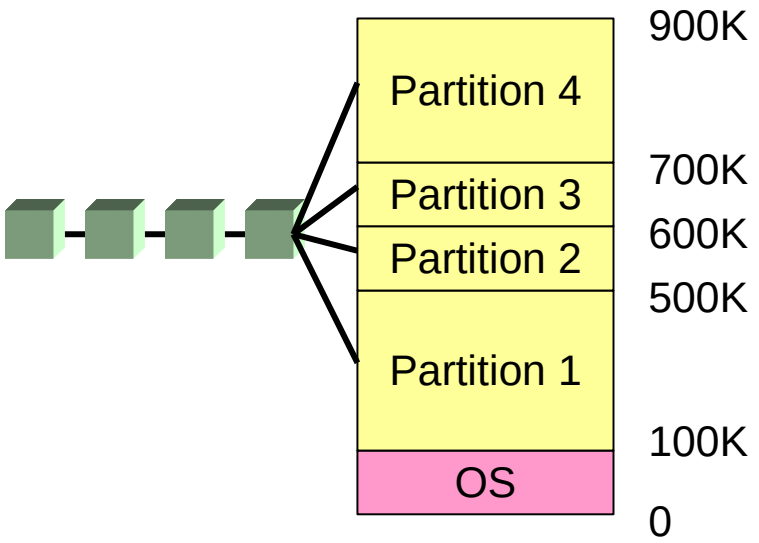
- System operacyjny + sterowniki urządzeń
- Jeden program użytkownika => Ochrona pamięci nie jest potrzebna.



Systemy wieloprogramowe
Partycje o nie zmieniającym się rozmiarze

- Pamięć operacyjna podzielona na obszary o stałym rozmiarze.
  - Rozmiary poszczególnych obszarów mogą się różnić
  - Do którego obszaru załadować program ?
- Program ładowany jest do wolnego obszaru.
  - Wspólna kolejka programów
  - Odrębne kolejki dla każdego obszaru
    - Proces trafia do kolejki związanej z najmniejszym obszarem zdolnym zmieścić proces.

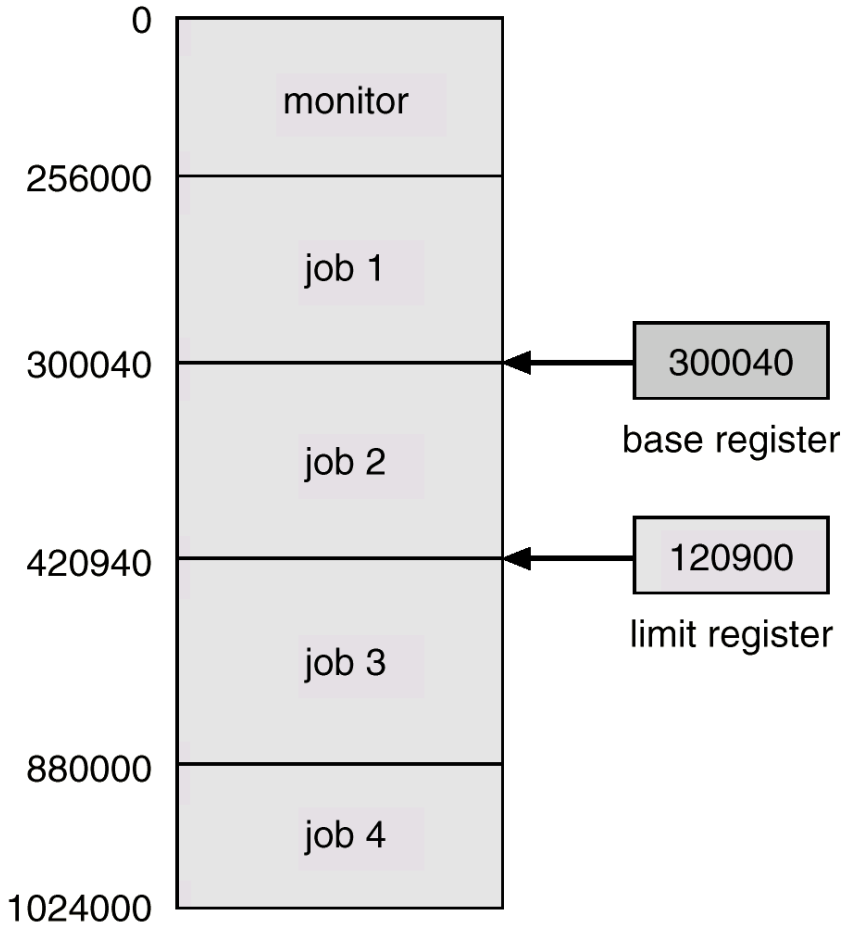




Dygresja: Określanie adresów danych i instrukcji

- W chwili kompilacji. Problem: Nie znamy adresu pod który program zostanie załadowany.
- W chwili ładowania programu. Generuj kod relokowalny, który może zostać załadowany pod dowolny adres w pamięci. Często wykorzystuje się *tablicę relokacji*. Kod raz załadowany do pamięci nie może być przemieszczany.
  - W rozwiązaniu z tablicą relokacji używa się adresów bezwzględnych, obliczonych np. względem początku kodu programu. Po załadowaniu do wszystkich adresów bezwzględnych (informacje o adresach bezwzględnych przechowuje tablica relokacji) w kodzie dodaje się adres pod który został załadowany kod programu.
- W chwili wykonywania programu: Kod załadowany do pamięci może być przemieszczany.
  - Potrzebne jest wsparcie sprzętowe
  - Np. rejestr bazowy (i opcjonalnie rejestr limitu)

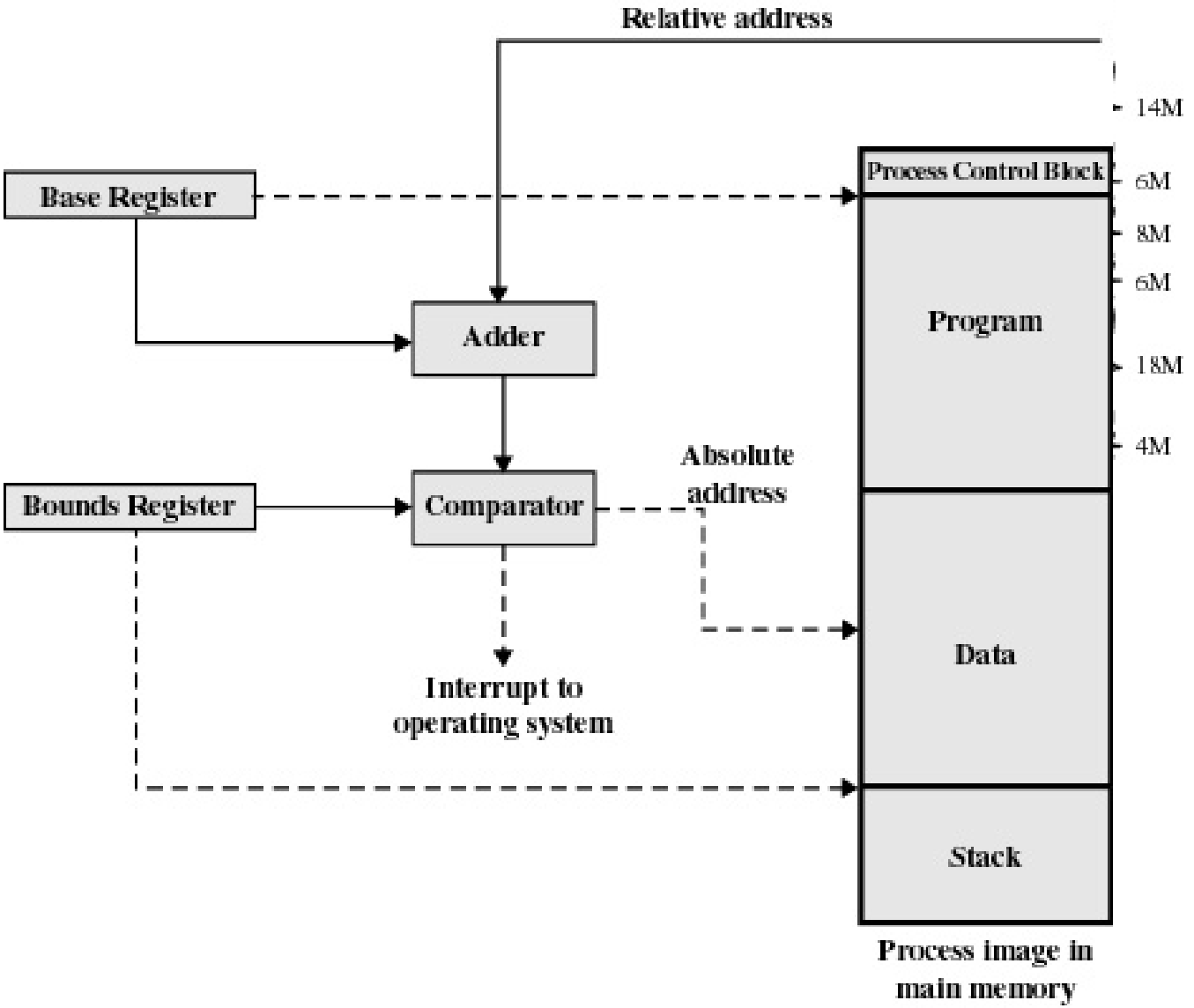
Rejestr bazowy i rejestr limitu



- Logiczna i fizyczna przestrzeń adresowa
- Adres logiczny (zwany czasami adresem wirtualnym): z punktu widzenia procesu
- Adres fizyczny: z punktu widzenia pamięci
- Translacja adresu:

  AdrFizyczny=RejestrBazowy+AdrLogiczny
- Rejestr Limitu służy do realizacji ochrony pamięci. musi być mniejsze niż L
  - AdresFizyczny<L

Realizacja sprzętowa



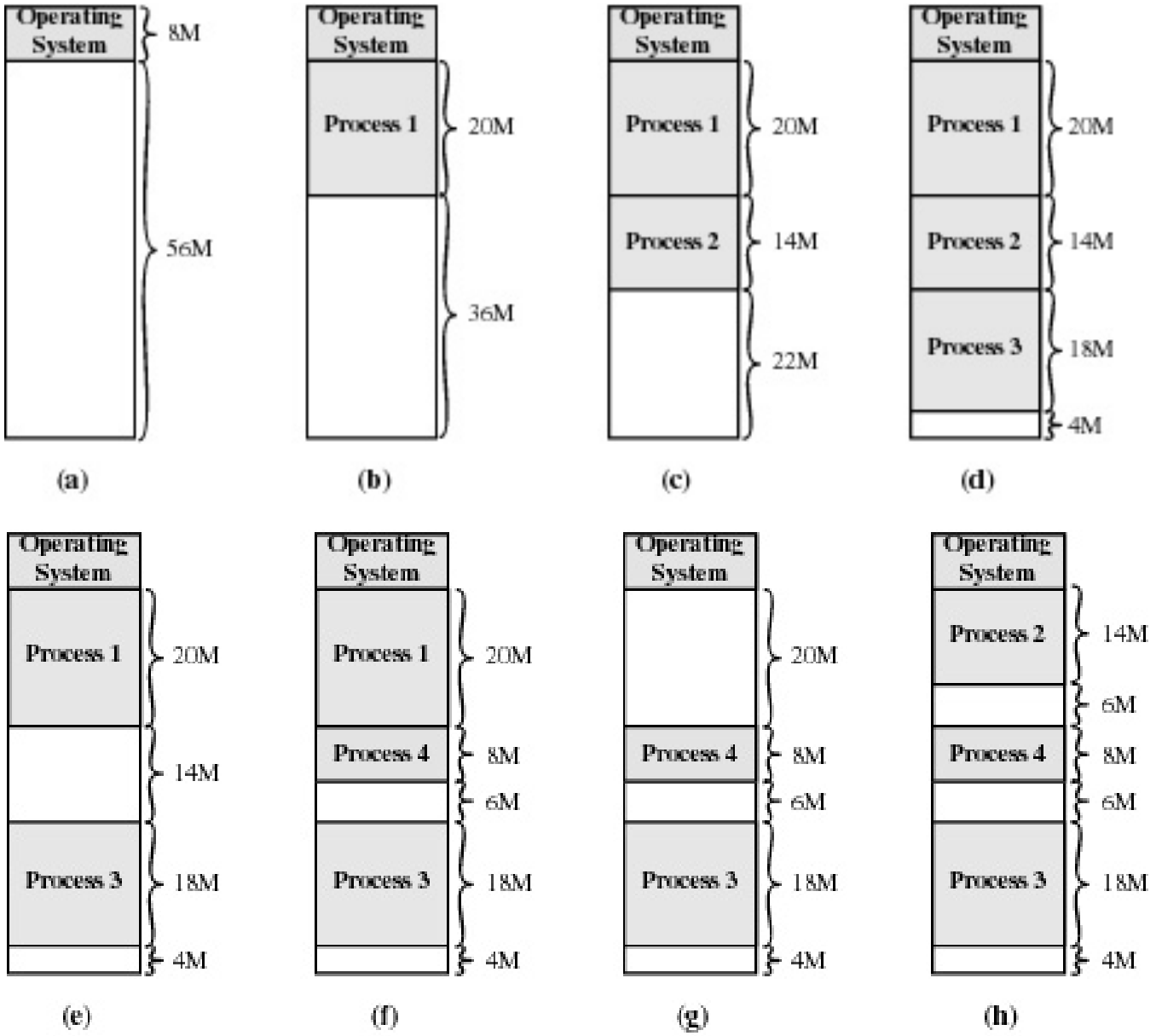
Fragmentacja

- Fragmentacja wewnętrzna.
  - Obszar pamięci przydzielony dla procesu jest większy niż niezbędny.
  - Poważny problem przy partycjach o stałych rozmiarach.
- Fragmentacja zewnętrzna.
  - Całkowita pojemność wolnej pamięci jest wystarczająca na zaspokojenie żądania procesu, ale wolna pamięć nie stanowi ciągłego bloku

Dynamiczne partycjonowanie

- Rozmiar partycji jest dokładnie równy rozmiarowi procesu
  - Brak fragmentacji wewnętrznej.
- Po pewnym czasie wystąpi fragmentacja zewnętrzna (“dziury w pamięci”)
- Kompakcja: procesy są przesuwane w pamięci tak, aby wolna pamięć tworzyła jeden duży blok.
  - Likwiduje fragmentację
  - Czasochłonna
  - Problemy z wejściem wyjściem.
  - Wymaga określania adresów w chwili wykonywania programu, np. Przy pomocy rejestru bazowego

Przykład partycjonowania dynamicznego



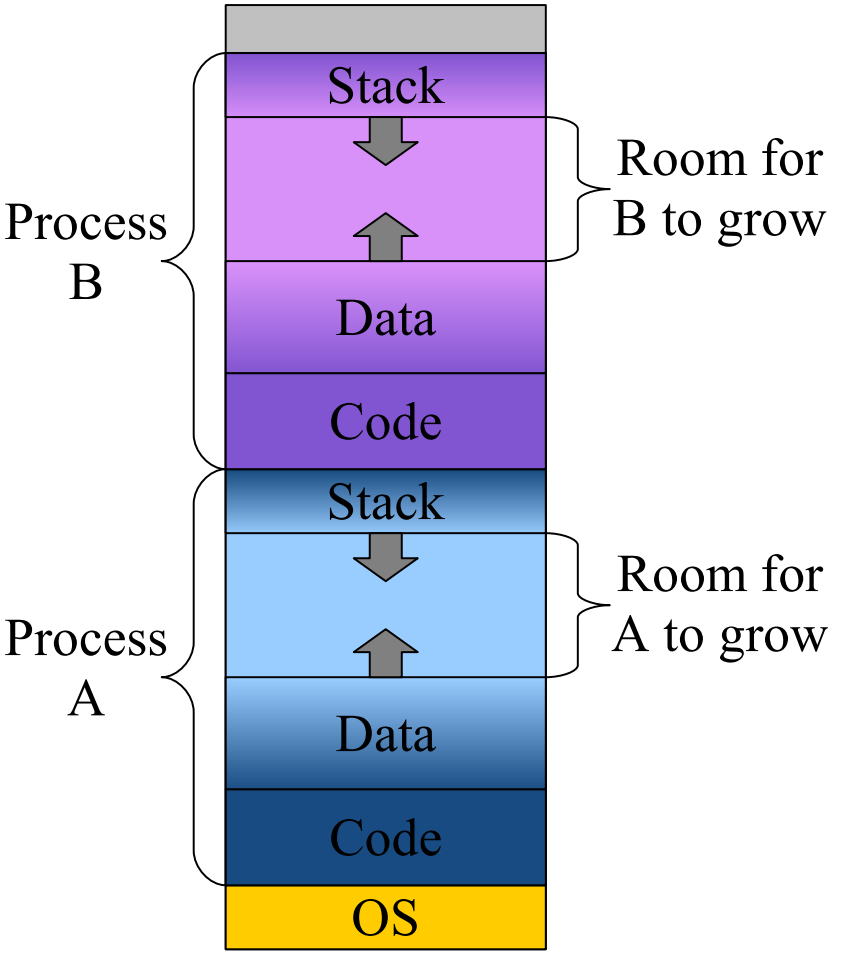
- ***Coraz większa fragmentacja zewnętrzna***

W którym wolnym bloku pamięci umieścić program ?

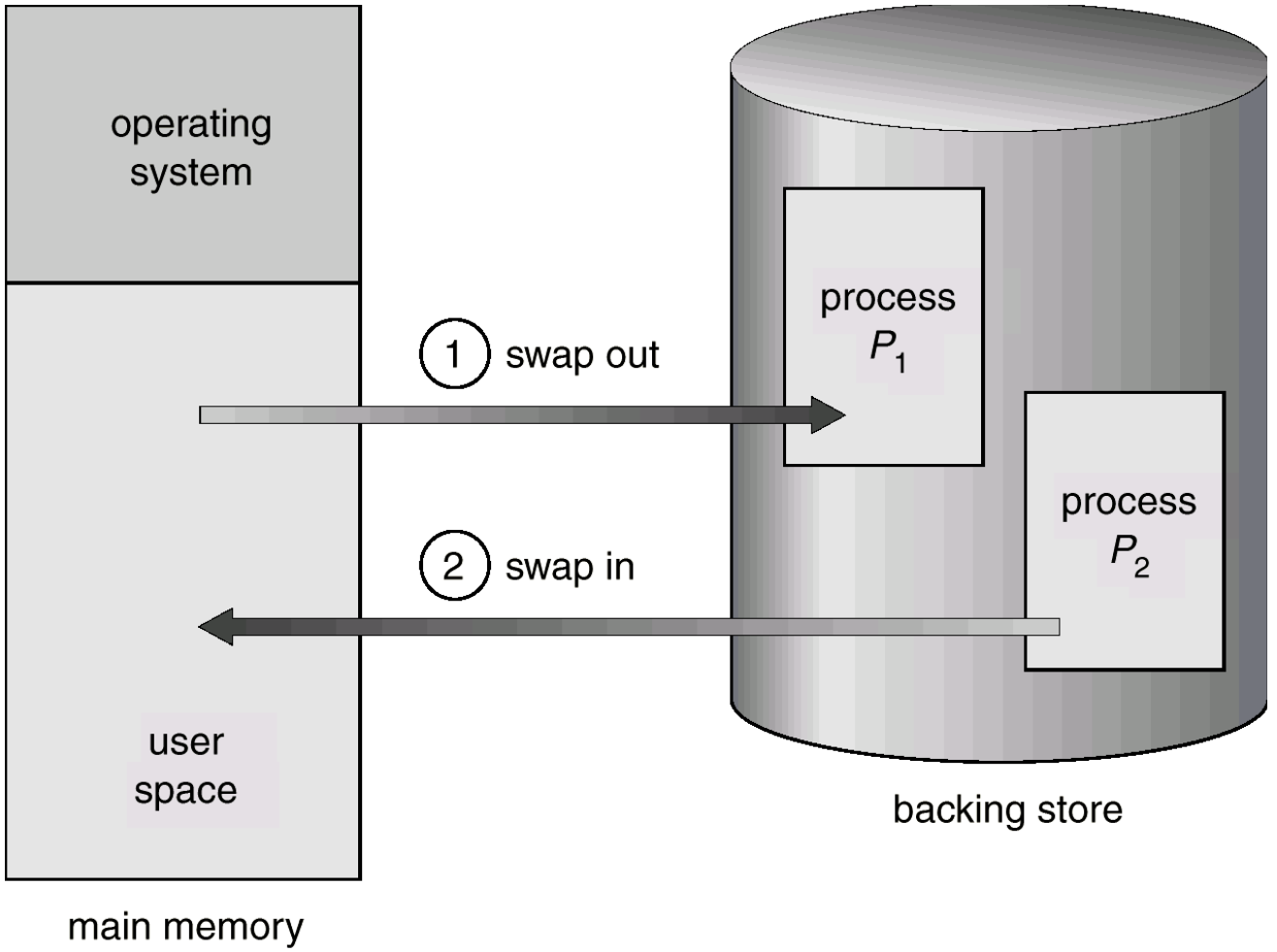
- First-fit – w pierwszym bloku o wystarczającym rozmiarze
- Best-fit – w największym bloku o wystarczającym rozmiarze
- Next-fit – następny obszar pasujący po ostatnio wybranym
- Worst-fit- w największym bloku o wystarczającym rozmiarze

Wzrost wymagań procesu na pamięć

- Proces może zwiększać swoje wymagania na pamięć.
- Dotyczy to stosu i danych.
- Przydziel większy blok pamięci niż wymagany na początku.
  - Mała wydajność
  - Wrócimy do tego przy opisie stronicowania..



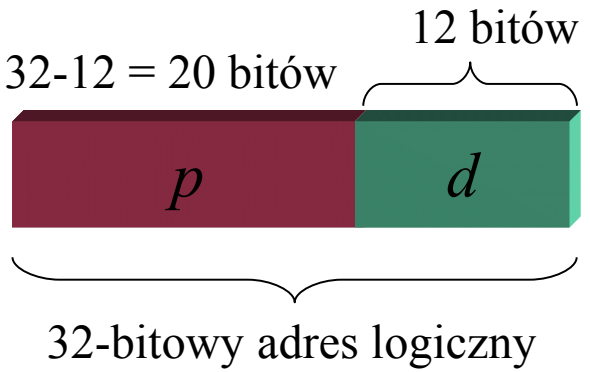
Wymiana (ang. swapping)



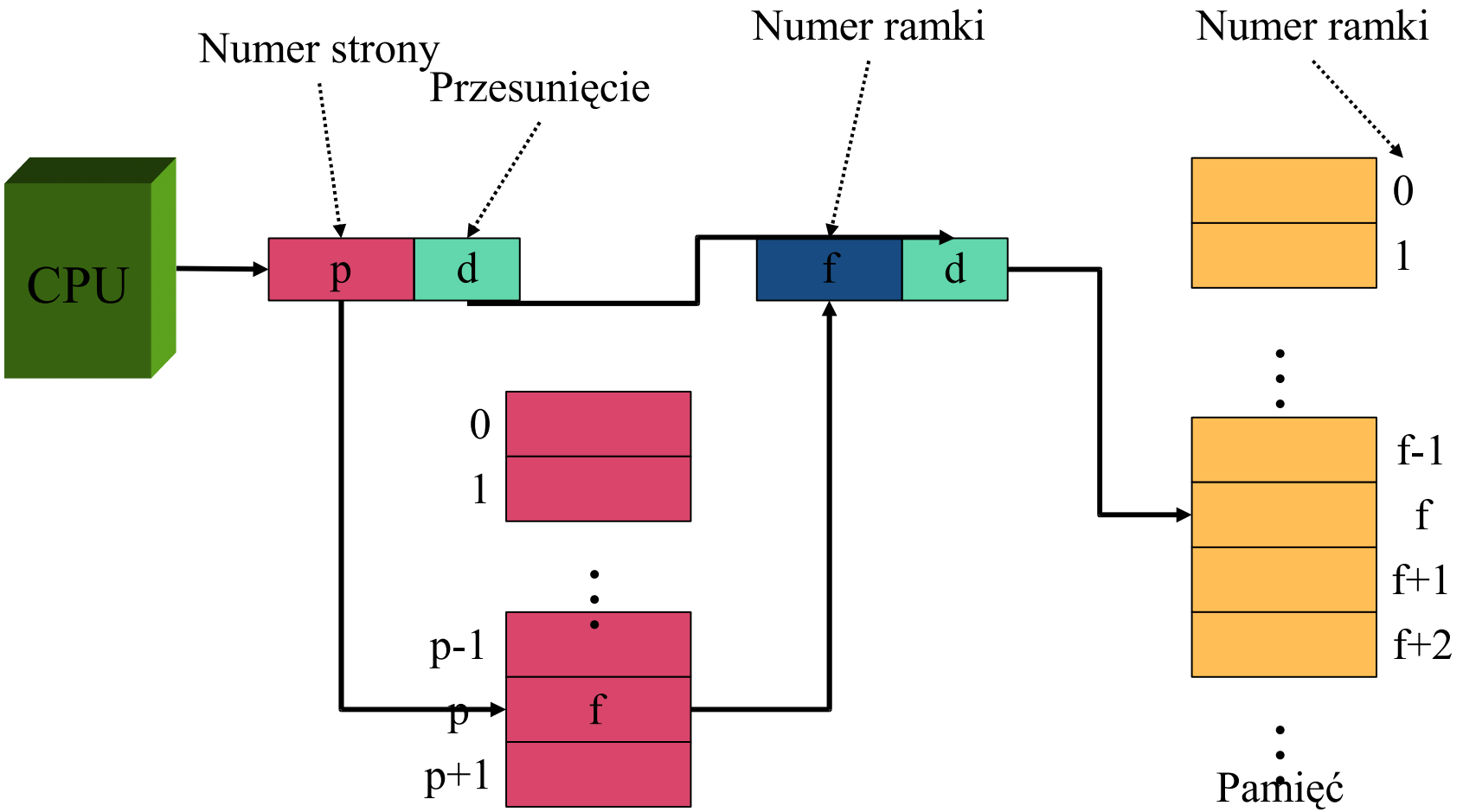
- Proces może być tymczasowo przeniesiony z pamięci operacyjnej do pamięci pomocniczej (ang. backing store).
- Zwolniona pamięć może zostać wykorzystana przez inne procesy
- Wymianie podlegają ***kompletne procesy***

Stronicowanie

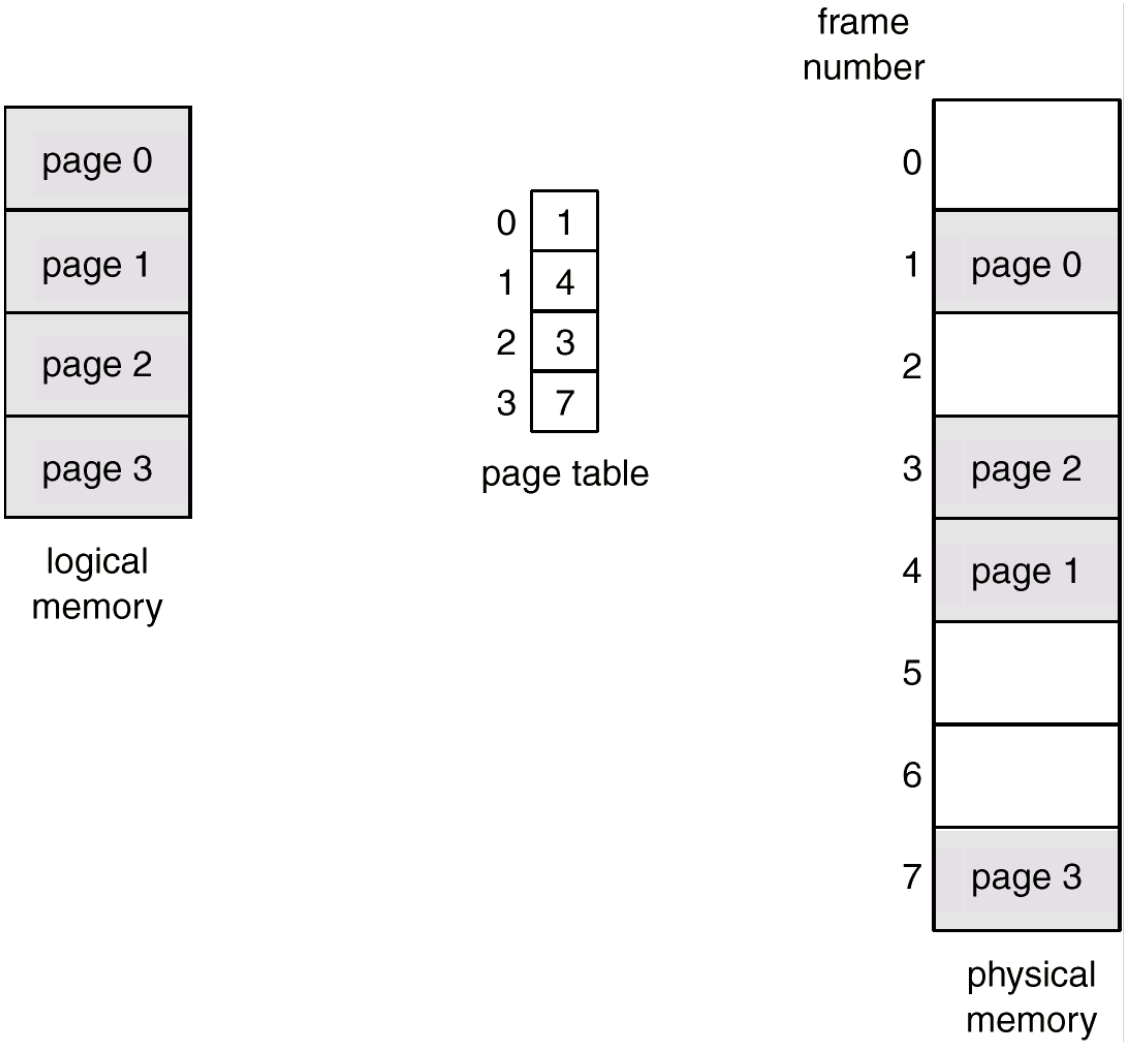
- Pamięć fizyczna jest podzielona na *ramki* (ang. frame) o stałym rozmiarze, będącym potęgą dwójki (np. 4KB).
- Przestrzeń adresowa procesu jest podzielona na *strony* (ang. page), rozmiar strony jest równy rozmiarowi ramki.
- I – tej stronie w przestrzeni adresowej procesu odpowiada K-ta ramka. Dla dowolnego I, K może być dowolne.
- Adres generowany przez procesor jest podzielony na dwie części:
  - Numer strony (p) oraz przesunięcie na stronie (d)
  - Przykład strona ma rozmiar 4KB=2^12 bajtów, adres ma 32 bity



Translacja adresu w stronicowaniu



Przykład

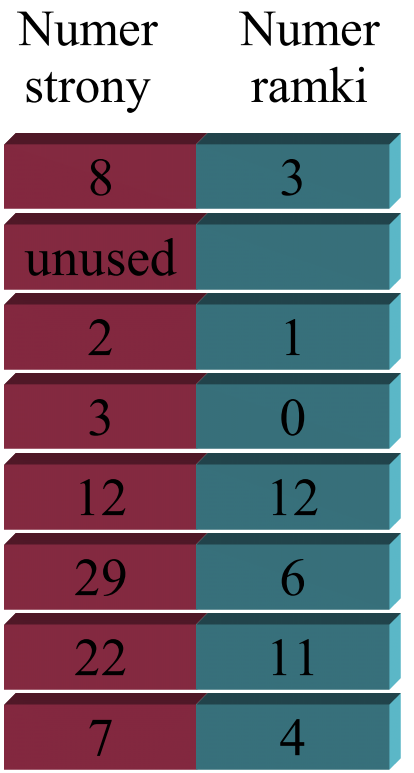

page 0
page 1
page 2
page 3
logical memory
0 1
1 4
2 3
3 7
page table
frame number
0
1 page 0
2
3 page 2
4 page 1
5
6
7 page 3
physical memory

Stronicowanie wymaga wsparcia sprzętowego

- Każdy proces ma własną tablicę stron.
- Tablica stron jest przechowywana w pamięci.
- Adres fizyczny początku tablicy stron jest przechowywany w *rejestrze bazowym tablicy stron.*
- Liczba elementów w tablicy stron jest przechowywana w *rejestrze długości tablicy stron*
- Zawartość obydwu rejestrów jest zmieniana przy przełączaniu kontekstu.
- Przy naiwnej sprzętowej implementacji tego schematu każde, odwołanie do pamięci przez proces wymaga wykonania dwóch cykli dostępu do pamięci.
  - Jeden cykl aby znaleźć numer ramki w tablicy stron.
  - Jeden cykl na wykonanie właściwej operacji.
  - Szybkość dostępu do pamięci spada dwukrotnie

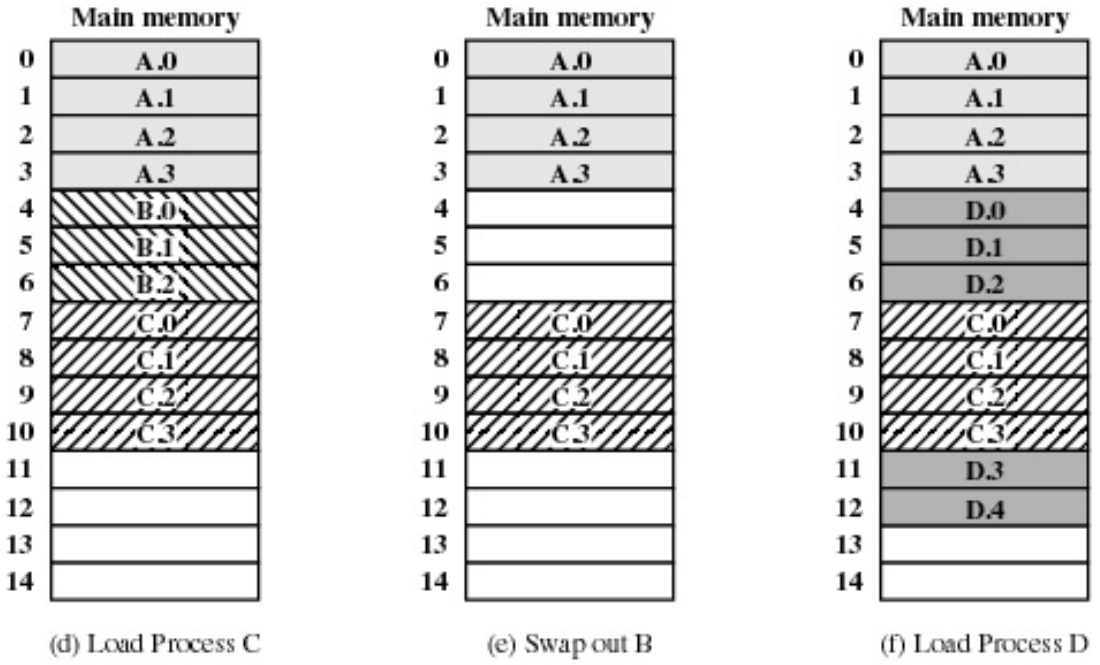
Bufor TLB
(ang. Translation lookaside bufer)

- Przechowywany w procesorze.
- Zawiera numer strony oraz odpowiadający mu numer ramki dla k (np k=32) najczęściej używanych stron.
- Jeżeli numer strony występuje w buforze TLB, to nie jest wymagany dostęp do tablicy stron.
- Jeżeli nie występuje, wykonywany jest dostęp do tablicy stron a para <Strona,Ramka> jest wprowadzana do bufora TLB
  - Na którą pozycję ?
- W praktyce zapewniany jest ponad 95% współczynnik trafień.
- Uwaga: przełączenie kontekstu wymaga opróżnienia bufora TLB !!!



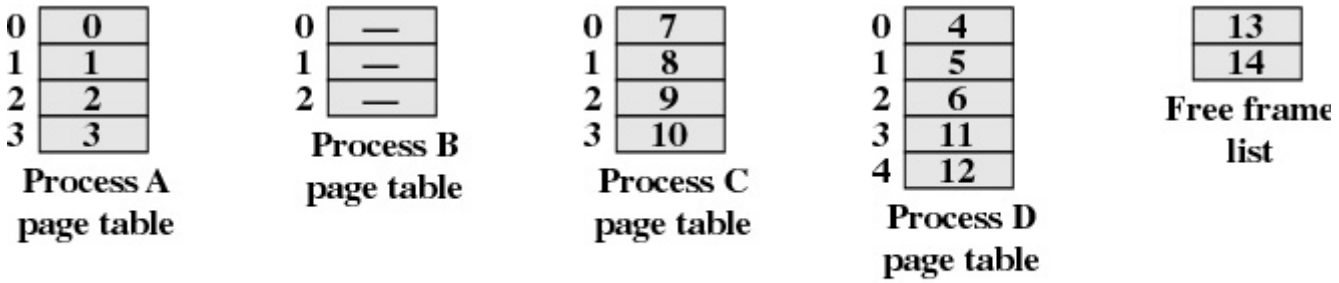
Przykładowy bufor TLB

Stronicowanie w systemie wieloprogramowym



- (d) W pamięci procesy A,B,C.
- (e) Proces B przesłany do obszaru wymiany
- (f) załadowany proces D

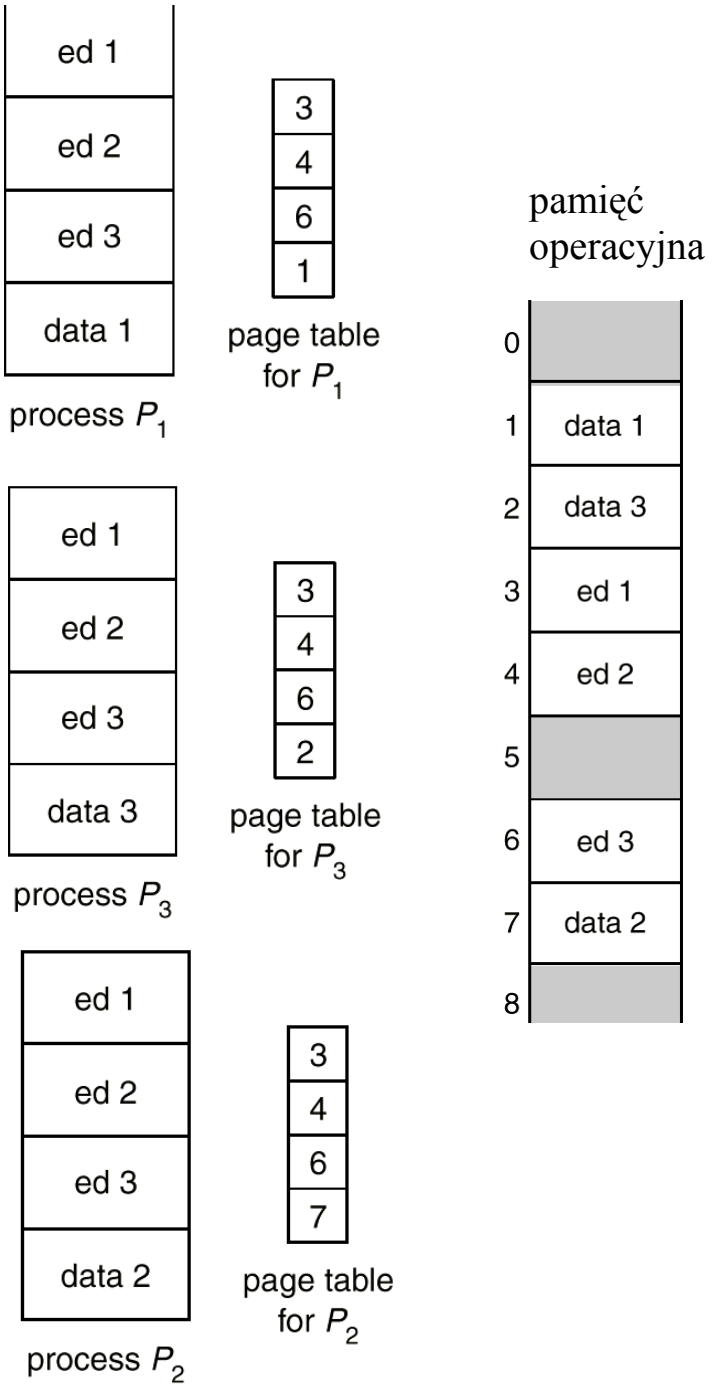
Struktury systemu w chwili (f)



Realizacja ochrony przy stronicowaniu

- Sprzętowy mechanizm ochrony, którego naruszenie (np. przez proces wykonywujący się w trybie użytkownika) powoduje zgłoszenie wyjątku (przerwania) stronicowania (ang. *page fault*)
- Możliwość określenia długości tablicy stron (rozmiaru przestrzeni adresów logicznych procesu).
- Bit ważności związany z każdą stroną i przechowywany w tablicy stron
  - Strona ważna => obecna w pamięci
  - Strona nieważna => próba dostępu powoduje wyjątek stronicowania.
  - Możliwość realizacji “dziur” w logicznej przestrzeni adresowej
    - Strony, którym nie odpowiada zaalokowana pamięć mają wyzerowany bit ważności.
    - *Patrz rysunek w jednym z poprzednich slajdów*
- Bit ochrony przed zapisem – próba zmodyfikowania strony z ustawionym bitem powoduje wyjątek stronicowania.
- Bit trybu jądra – próba dostępu do strony z ustawionym bitem trybu jądra z procesu wykonywującego się w trybie użytkownika powoduje wyjątek stronicowania => w ten sposób jądro chroni swoją pamięć przed programami użytkowników.

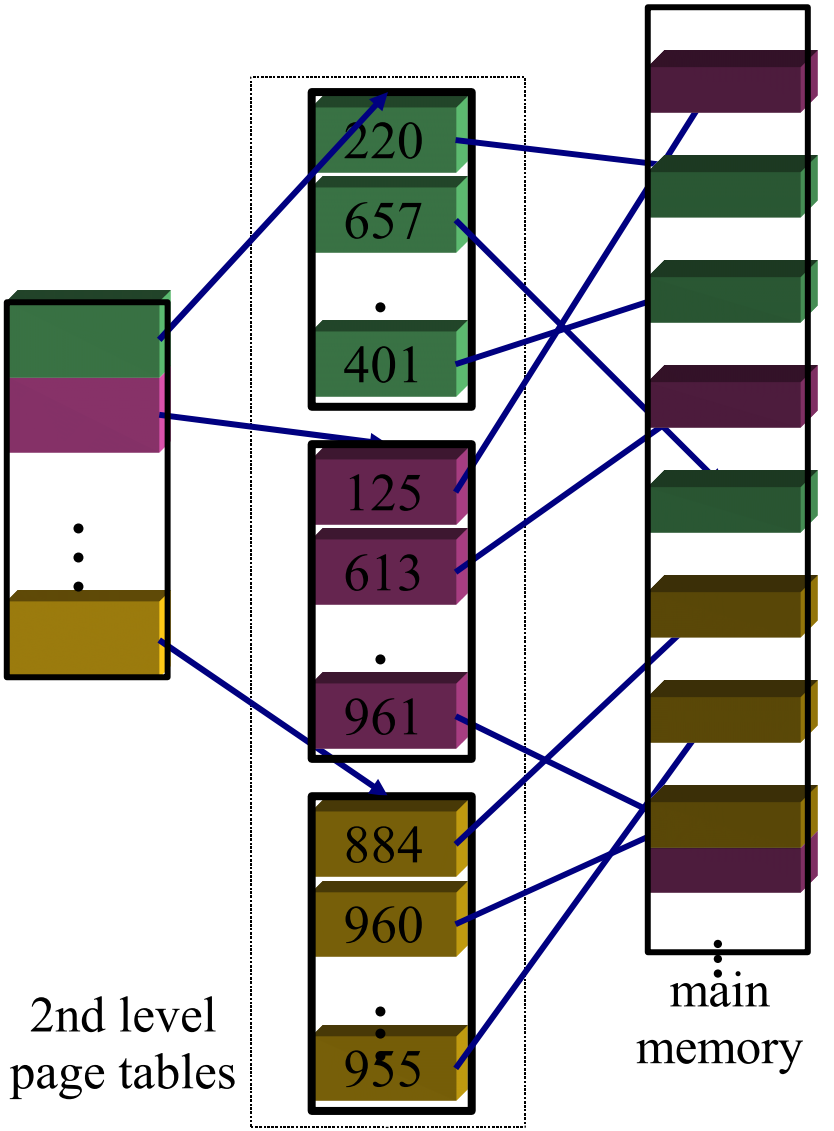
Pamięć współdzielona



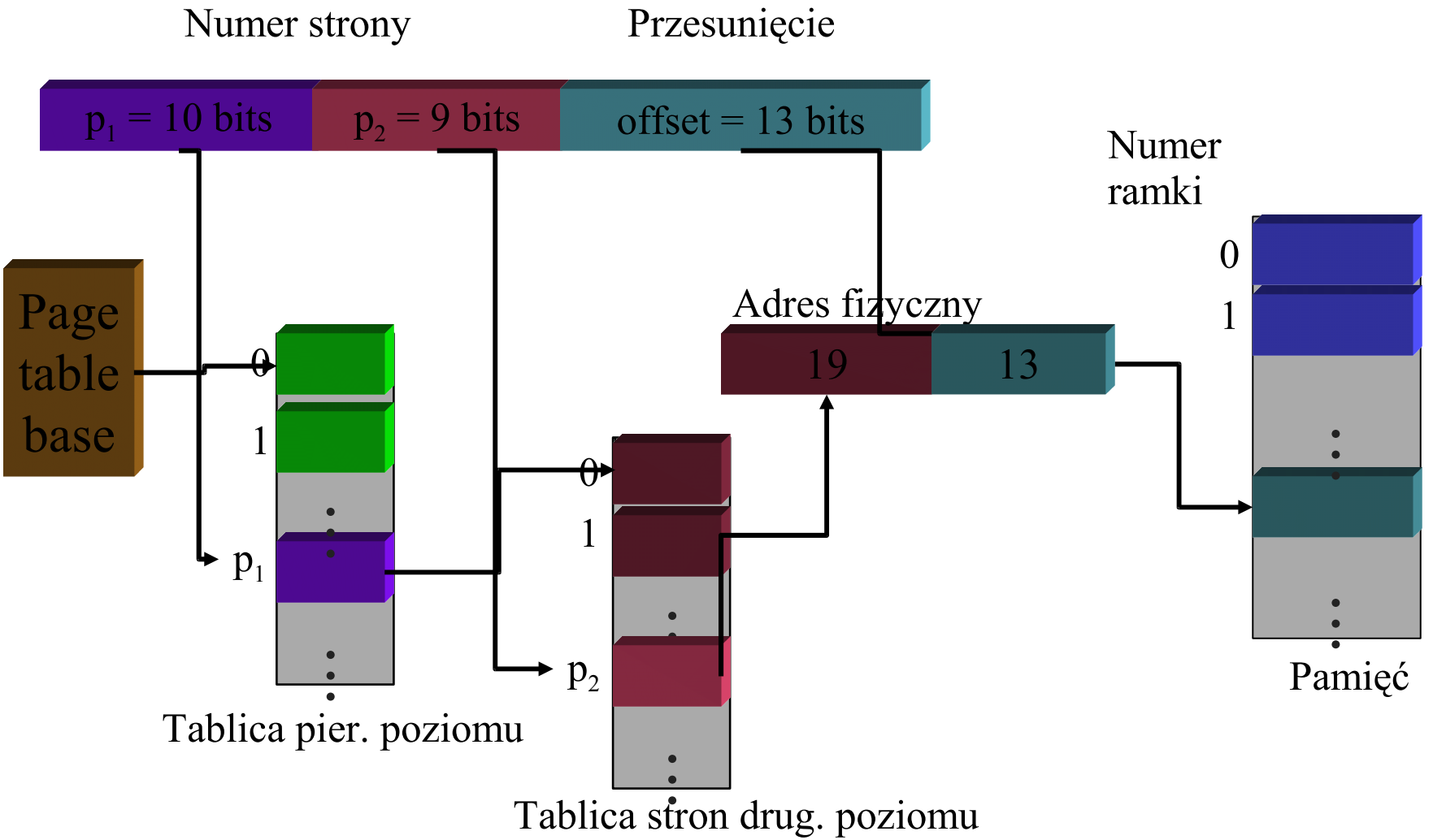
- Niech pamięć edytora tekstu składa się z 3 stron kodu i jednej strony z danymi. Trzech użytkowników uruchomiło edytor.
- Czy musimy trzykrotnie wczytać kod do pamięci (razem dziewięć stron) ?
- Jeżeli kod jest kodem niemodyfikującym się, to nie.
  - trzy ramki z kodem zostały odwzorowane w przestrzeń adresową trzech procesów, każda z nich jest współdzielona przez trzy procesy.
  - Wymagana jest implementacja bitu ochrony przed zapisem – aby nie pozwolić żadnemu z trzech procesów na modyfikację stron z kodem.
- Ponadto pamięć współdzielona może być wykorzystana do bardzo szybkiej wymiany danych pomiędzy procesami – większość systemów posiada niezbędne API.

Stronicowanie dwupoziomowe

- Tablica stron może mieć duży rozmiar.
  - Niech adres logiczny ma 32 bity, Przestrzeń adresowa na rozmiar 4GB.
  - Jeżeli pozycja w tablicy stron ma 4 bajty, to na tablicę stron potrzebujemy 4MB.
- Stronicowanie wielopoziomowe
- Idea: “Tablica stron podlega stronicowaniu”
- Tablica stron pierwszego poziomu przechowuje numery stron w tablicy drugiego poziomu.
- Każdej pozycji w tablicy stron pierwszego poziomu odpowiada tablica stron drugiego poziomu.
- Tablica stron drugiego poziomu przechowuje numery stron



Przykład


Numer strony
Przesunięcie
p1 = 10 bits
p2 = 9 bits
offset = 13 bits
Numer ramki
Page table base
0
1
p1
Adres fizyczny
19
13
0
1
p2
0
1
Pamięć
Tablica pier. poziomu
Tablica stron drug. poziomu

Zalety stronicowania

- Eliminuje fragmentacje zewnętrzną
- Fragmentacja wewnętrzna jest ograniczona do rozmiaru strony.
- Łatwa realizacja ochrony pamięci
- Łatwa realizacja dynamicznego wzrostu obszaru przydzielonej pamięci.
  - Wraz z przydzielaniem dodatkowych ramek zaznaczaj bit ważności.
- Możliwość implementacji pamięci wirtualnej.
  - Cześć przestrzeni adresowej procesu w pamięci, część na dysku
  - Rozmiar przestrzeni adresowej procesu większy od pojemności pamięci RAM

Temat wykładu w następnym tygodniu !!!