



Wydział Elektryczny
Katedra Elektrotechniki Teoretycznej i Metrologii

Materiały do wykładu z przedmiotu:
Informatyka
Kod: **EDS1B1007**

WYKŁAD NR 14 (pozostałe slajdy)

Opracował: **dr inż. Jarosław Forenc**
Białystok 2020

Materiały zostały opracowane w ramach projektu „PB2020 - Zintegrowany Program Rozwoju Politechniki Białostockiej” realizowanego w ramach Działania 3.5 Programu Operacyjnego Wiedza, Edukacja, Rozwój 2014-2020 współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego.

Plan wykładu nr 14

- Zarządzanie dyskowymi operacjami we-wy
 - systemy plików (FAT, NTFS, ext2)
- Zarządzanie pamięcią operacyjną
 - proste stronicowanie, prosta segmentacja
 - pamięć wirtualna, stronicowanie i segmentacja pamięci wirtualnej

System plików FAT (File Allocation Table)

- opracowany na przełomie lat 70. i 80. dla systemu MS-DOS
- występuje w czterech wersjach: FAT12, FAT16, FAT32 i exFAT (FAT64)
- numer występujący po słowie FAT oznacza liczbę bitów przeznaczonych do kodowania (numeracji) **jednostek alokacji pliku** (JAP), tzw. **klastrów** (ang. cluster) w tablicy alokacji plików
 - 12 bitów w systemie FAT12
 - 16 bitów w systemie FAT16
 - 32 bity w systemie FAT32
 - 64 bity w systemie exFAT (FAT64)
- ogólna struktura dysku logicznego / dyskietki w systemie FAT:

Rekord ładujący + sektory zarezerwowane	Tablica rozmieszczenia plików - FAT	Kopia FAT	Katalog główny (FAT12 i FAT16)	Miejsce na pliki i podkatalogi
---	-------------------------------------	-----------	--------------------------------	--------------------------------

FAT12

- system plików FAT12 przeznaczony jest dla nośników o małej pojemności
- **rekord ładujący** zajmuje pierwszy sektor dyskietki lub dysku logicznego

Rekord ładujący + sektory zarezerwowane	Tablica rozmieszczenia plików - FAT	Kopia FAT	Katalog główny (FAT12 i FAT16)	Miejsce na pliki i podkatalogi
---	-------------------------------------	-----------	--------------------------------	--------------------------------

- rekord ładujący zawiera następujące dane:
 - instrukcja skoku do początku programu ładującego (3 bajty)
 - nazwa wersji systemu operacyjnego (8 bajtów)
 - struktura BPB (ang. BIOS Parametr Block) - blok parametrów BIOS (25 bajtów)
 - rozszerzony BPB (ang. Extended BPB, 26 bajtów)
 - wykonywalny kod startowy uruchamiający system operacyjny (448 bajtów)
 - znacznik końca sektora - 55AAH (2 bajty)

FAT12

- tablica rozmieszczenia plików FAT tworzy swego rodzaju „mapę” plików zapisanych na dysku
- za tablicą FAT znajduje się jej kopia, która nie jest wykorzystywana



- za kopią tablicy FAT znajduje się **katalog główny** zajmujący określoną dla danego typu dysku liczbę sektorów



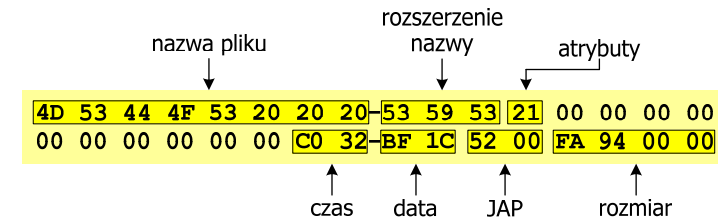
- katalog główny zawiera 32-bajtowe pola mogące opisywać pliki, podkatalogi lub etykietę dysku

FAT12

- przykładowa zawartość katalogu głównego:

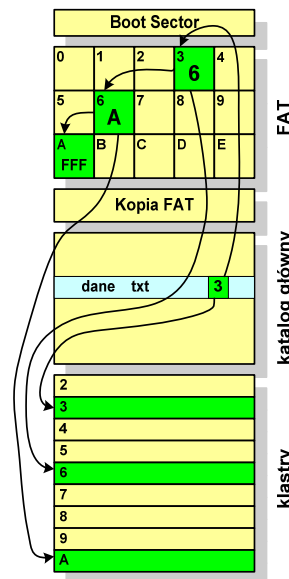
```

0000 49 4F 20 20 20 20 20 20-53 59 53 21 00 00 00 00 IO SYS!...
0010 00 00 00 00 00 00 C0 32-BF 1C 02 00 46 9F 00 00 .....2...F...
0020 4D 53 44 4F 53 20 20 20-53 59 53 21 00 00 00 00 MSDOS SYS!...
0030 00 00 00 00 00 00 C0 32-BF 1C 52 00 FA 94 00 00 .....2..R....
0040 43 4F 4D 4D 41 4E 44 20-43 4F 4D 20 00 00 00 00 COMMAND COM...
0050 00 00 00 00 00 00 C0 32-BF 1C 9D 00 75 D5 00 00 .....2...u...
0060 41 54 54 52 49 42 20 20-45 58 45 20 00 00 00 00 ATTRIB EXE...
0070 00 00 00 00 00 00 C0 32-BF 1C 08 01 C8 2B 00 00 .....2.....+
    
```



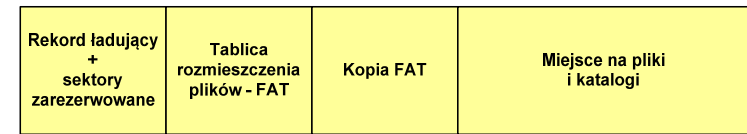
FAT12 - położenie pliku na dysku

- w katalogu, w 32-bajtowym polu każdego pliku wpisany jest początkowy numer JAP
- numer ten określa logiczny numer sektora, w którym znajduje się początek pliku
- ten sam numer JAP jest jednocześnie indeksem do miejsca w tablicy FAT, w którym wpisany jest numer kolejnej JAP
- numer wpisany we wskazanym miejscu tablicy rozmieszczenia plików wskazuje pierwszy sektor następnej części pliku i równocześnie położenie w tablicy FAT numeru następnej JAP
- w ten sposób tworzy się łańcuch, określający położenie całego pliku
- jeśli numer JAP składa się z samych FFF, to oznacza to koniec pliku



FAT32

- po raz pierwszy wprowadzony w systemie Windows 95 OSR2
- ogólna struktura systemu FAT32 jest taka sama jak w FAT12/FAT16 - nie ma tylko miejsca przeznaczonego na katalog główny
- w systemie FAT32 katalog główny może znajdować się w dowolnym miejscu na dysku i może zawierać maksymalnie 65 532 pliki i katalogi



- do adresowania JAP stosuje się, obcięty o 4 najstarsze bity, adres 32-bitowy i dlatego dysk z FAT32 może zawierać maksymalnie 2^{28} JAP
- w systemie FAT32 można formatować tylko dyski, nie można natomiast zainstalować go na dyskietkach

FAT32 - długie nazwy plików

- wprowadzone w systemie Windows 95
- informacje o nazwie pliku zapamiętywane są jako:
 - długa nazwa
 - skrócona nazwa (tzw. alias długiej nazwy)
- **skrócona nazwa pliku** przechowywana jest w identycznej, 32-bajtowej, strukturze jak w przypadku plików w starym formacie 8+3
- **długie nazwy plików** zapisywane są także w 32-bajtowych strukturach, przy czym jedna nazwa zajmuje kilka struktur (w jednej strukturze umieszczonych jest 13 kolejnych znaków w formacie Unicode)

FAT32 - długie nazwy plików

- Nazwa pliku: **Systemy Operacyjne - praca domowa.txt**

długa nazwa pliku

0000	43 20 00 64 00 6F 00 6D-00 6F 00 0F 00 CF 77 00	C .d.o.m.o....w.
0010	61 00 2E 00 74 00 78 00-74 00 00 00 00 00 FF FF	a...t.x.t.....
0020	02 63 00 79 00 6A 00 6E-00 65 00 0F 00 CF 20 00	.c.y.j.n.e....
0030	2D 00 20 00 70 00 72 00-61 00 00 00 63 00 61 00	- .p.r.a...c.a.
0040	01 53 00 79 00 73 00 74-00 65 00 0F 00 CF 6D 00	.S.y.s.t.e...m.
0050	79 00 20 00 4F 00 70 00-65 00 00 00 72 00 61 00	y. .O.p.e...r.a.
0060	53 59 53 54 45 4D 7E 31-54 58 54 20 00 4B 03 80	SYSTEM~1TXT .K..
0070	67 32 67 32 00 00 08 80-67 32 02 00 06 00 00 00	g2g2....g2.....

skrócona nazwa pliku

exFAT (FAT64)

- po raz pierwszy pojawił się w listopadzie 2006 roku w Windows Embedded CE 6.0 i Windows Vista SP1
- obsługiwany także przez Windows 7/8/10, Windows Server 2003/2008, Windows XP SP2/SP3, Linux
- stworzony przez Microsoft na potrzeby pamięci Flash
- podstawowe cechy:
 - maksymalna wielkość pliku to $2^{64} = 16$ EB
 - maksymalna wielkość klastra - do 32 MB
 - nieograniczona liczba plików w pojedynczym katalogu
 - prawa dostępu do plików i katalogów

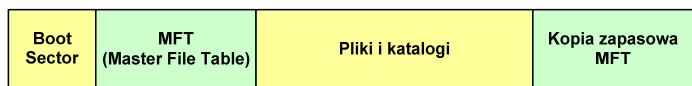
NTFS (New Technology File System)

- wersja 1.0 (połowa 1993 r.) - Windows NT 3.1
- wersja 3.1 (NTFS 5.1) - Windows XP/Server 2003/Vista/7/8/10
- struktura wolumenu (dysku) NTFS:

Boot Sector	MFT (Master File Table)	Pliki i katalogi	Kopia zapasowa MFT
-------------	-------------------------	------------------	--------------------

- **Boot Sector** rozpoczyna się od zerowego sektora partycji, może zajmować 16 kolejnych sektorów, zawiera podobne dane jak w systemie FAT

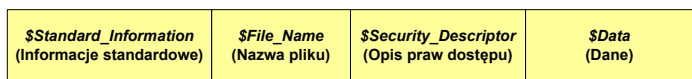
NTFS



- **MFT (Master File Table)** - specjalny plik, niewidoczny dla użytkownika, zawiera wszystkie dane niezbędne do odczytania pliku z dysku, składa się z rekordów o stałej długości (1 kB - 4 kB)
- pierwsze 16 (NTFS 4) lub 26 (NTFS 5) rekordów jest zarezerwowane dla tzw. metaplików, np.
 - rekord nr: 0 plik: **\$Mft** (główna tablica plików)
 - rekord nr: 1 plik: **\$MftMirr** (główna tablica plików 2)
 - rekord nr: 5 plik: **\$** (indeks katalogu głównego)
- pozostała część pliku MFT przeznaczona jest na rekordy wszystkich plików i katalogów umieszczonych na dysku

NTFS - Pliki

- pliki w systemie NTFS są reprezentowane w MFT przez rekord zawierający atrybuty:
 - **\$Standard_Information**
 - **\$File_Name**
 - **\$Security_Descriptor**
 - **\$Data**



- w przypadku małych plików wszystkie jego atrybuty zapisywane są bezpośrednio w MFT (atrybuty **rezydentne**)

NTFS

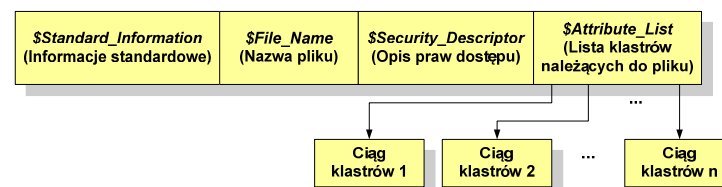
- struktura wolumenu (dysku) NTFS:



- plik w NTFS to **zbiór atrybutów**
- wszystkie atrybuty mają dwie części składowe: **nagłówek** i **blok danych**
- **nagłówek** opisuje atrybut, np. liczbę bajtów zajmowanych przez atrybut, rozmiar bloku danych, położenie bloku danych, znacznik czasu
- **bloku danych** zawiera informacje zgodne z przeznaczeniem atrybutu

NTFS - Pliki

- jeśli atrybuty pliku są duże (najczęściej dotyczy to atrybutu **\$Data**), to w rekordzie w MFT umieszczany jest tylko nagłówek atrybutu oraz wskaźnik do jego bloku danych, a sam blok danych przenoszony jest na dysk poza MFT (atrybuty **nierezydentne**)
- blok danych atrybutu nierezydentnego zapisywany jest w przyległych klastrach
- jeśli nie jest to możliwe, to dane zapisywane są w kilku ciągach jednostek alokacji i wtedy każdemu ciągowi odpowiada wskaźnik w rekordzie MFT



NTFS - Katalogi

- katalogi reprezentowane są przez rekordy zawierające trzy takie same atrybuty jak pliki:
 - **\$Standard_Information**
 - **\$File_Name**
 - **\$Security_Descriptor**

\$Standard_Information (Informacje standardowe)	\$File_Name (Nazwa pliku)	\$Security_Descriptor (Opis praw dostępu)	\$Index_Root	\$Index_Allocation	\$Bitmap
---	-------------------------------------	---	---------------------	---------------------------	-----------------

- zamiast atrybutu **\$Data** umieszczone są trzy atrybuty przeznaczone do tworzenia list, sortowania oraz lokalizowania plików i podkatalogów
 - **\$Index_Root**
 - **\$Index_Allocation**
 - **\$Bitmap**

ext2

- pierwszy system plików w Linuxie: **Minix** (14-znakowe nazwy plików i maksymalny rozmiar wynoszący 64 MB)
- system Minix zastąpiono nowym systemem nazwanym rozszerzonym systemem plików - **ext** (ang. **extended file system**), a ten, w styczniu 1993 r., systemem **ext2** (ang. **second extended file system**)
- w systemie ext2 podstawowym elementem podziału dysku jest **blok**
- wielkość bloku jest stała w ramach całego systemu plików, określana na etapie jego tworzenia i może wynosić 1024, 2048 lub 4096 bajtów
- w celu zwiększenia bezpieczeństwa i optymalizacji zapisu na dysku posługujemy się nie pojedynczymi blokami, a **grupami bloków**

Boot Sector	Bloki grupy 1	Bloki grupy 2	...	Bloki grupy N
-------------	---------------	---------------	-----	---------------

ext2

Blok identyfikacyjny (super-block)	Bloki deskryptorów wszystkich grup	Blok z mapą bitową zajętości bloków danej grupy	Blok z mapą bitową zajętości i-węzłów danej grupy	Tablica i-węzłów	Bloki danych
------------------------------------	------------------------------------	---	---	------------------	--------------

- w każdej grupie bloków znajduje się kopia tego samego bloku identyfikacyjnego oraz kopia bloków z deskryptorami wszystkich grup
- **blok identyfikacyjny** zawiera informacje na temat systemu plików (rodzaj systemu plików, rozmiar bloku, czas dokonanej ostatnio zmiany, ...)
- w **deskryptorach grupy** znajdują się informacje na temat grupy bloków (numer bloku z bitmapą zajętości bloków grupy, numer bloku z bitmapą zajętości i-węzłów, numer pierwszego bloku z tablicą i-węzłów, liczba wolnych bloków, liczba katalogów w grupie)

ext2

Blok identyfikacyjny (super-block)	Bloki deskryptorów wszystkich grup	Blok z mapą bitową zajętości bloków danej grupy	Blok z mapą bitową zajętości i-węzłów danej grupy	Tablica i-węzłów	Bloki danych
------------------------------------	------------------------------------	---	---	------------------	--------------

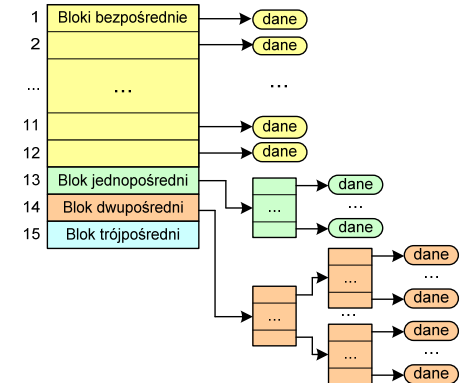
- **blok z mapą bitową zajętości bloków danej grupy** jest tablicą bitów o rozmiarze jednego bloku
 - jeśli blok ma rozmiar 1 kB to pojedynczą mapą można opisać fizyczną grupę 8096 bloków czyli 8 MB danych
 - jeśli natomiast blok ma rozmiar 4 kB, to fizyczna grupa bloków zajmuje 128 MB danych
- przed tablicą i-węzłów znajduje się **blok z mapą bitową zajętości i-węzłów danej grupy** - jest to tablica bitów, z których każdy zawiera informację czy dany i-węzeł jest wolny czy zajęty

ext2 - i-węzeł

- pliki na dysku reprezentowane są przez **i-węzły** (ang. **i-node**)
- każdemu plikowi odpowiada dokładnie jeden i-węzeł, który jest strukturą zawierającą m.in. następujące pola:
 - numer i-węzła w dyskowej tablicy i-węzłów
 - typ pliku: zwykły, katalog, łącze nazwane, specjalny, znakowy
 - prawa dostępu do pliku: dla wszystkich, grupy, użytkownika
 - liczba dowiązań do pliku
 - identyfikator właściciela pliku
 - identyfikator grupy właściciela pliku
 - rozmiar pliku w bajtach (max. 4 GB)
 - czas utworzenia pliku
 - czas ostatniego dostępu do pliku
 - czas ostatniej modyfikacji pliku
 - liczba bloków dyskowych zajmowanych przez plik

ext2 - i-węzeł

- położenie pliku na dysku określają w i-węźle pola:
 - 12 adresów bloków zawierających dane (w systemie Unix jest ich 10)
 - **bloki bezpośrednie**
 - 1 adres bloku zawierającego adresy bloków zawierających dane - **blok jednopięsredni** (ang. single indirect block)
 - 1 adres bloku zawierającego adresy bloków jednopięsrednich - **blok dwupięsredni** (ang. double indirect block)
 - 1 adres bloku zawierającego adresy bloków dwupięsrednich - **blok trójpięsredni** (ang. triple indirect block)



ext2

- **nazwy plików** przechowywane są w **katalogach**, które w systemie Linux są plikami, ale o specjalnej strukturze
- katalogi składają się z ciągu tzw. **pozycji katalogowych** o nieustalonej z góry długości
- każda pozycja opisuje dowiązanie do jednego pliku i zawiera:
 - numer i-węzła (4 bajty)
 - rozmiar pozycji katalogowej (2 bajty)
 - długość nazwy (2 bajty)
 - nazwa (od 1 do 255 znaków)

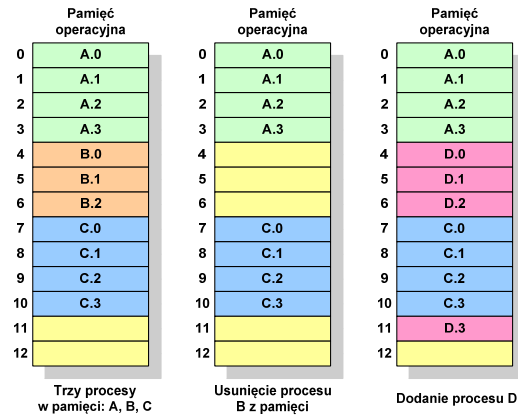
```
struct ext2_dir_entry
{
    _u32  inode           /* numer i-wezla      */
    _u16  rec_len        /* dlugosc pozycji katalogowej */
    _u16  name_len      /* dlugosc nazwy     */
    char  name[EXT2_NAME_LEN] /* nazwa            */
}
```

Zarządzanie pamięcią

- zarządzanie pamięcią polega na wydajnym przenoszeniu programów i danych do i z pamięci operacyjnej
- w nowoczesnych wieloprogramowych systemach operacyjnych zarządzanie pamięcią opiera się na **pamięci wirtualnej**
- pamięć wirtualna bazuje na wykorzystaniu **segmentacji** i **stronicowania**
- z historycznego punktu widzenia w systemach komputerowych stosowane były/są następujące metody zarządzania pamięcią:
 - proste stronicowanie, prosta segmentacja
 - stronicowanie pamięci wirtualnej, segmentacja pamięci wirtualnej
 - **stronicowanie i segmentacja pamięci wirtualnej**

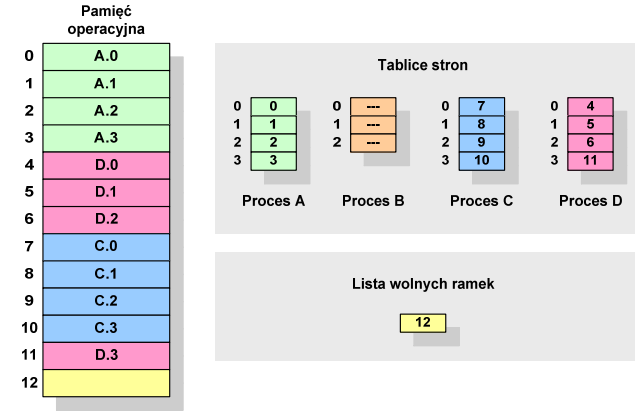
Proste stronicowanie

- pamięć operacyjna podzielona jest na jednakowe bloki o stałym niewielkim rozmiarze nazywane **ramkami** lub **ramkami stron** (page frames)
- do tych ramek wstawiane są fragmenty procesu zwane **stronami** (pages)
- aby proces mógł zostać uruchomiony wszystkie jego strony muszą znajdować się w pamięci operacyjnej



Proste stronicowanie

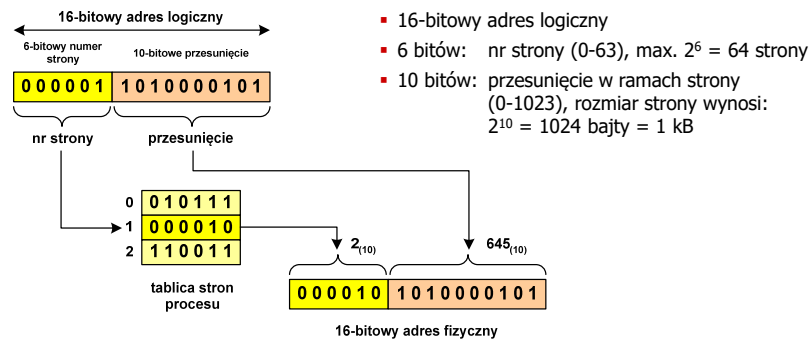
- dla każdego procesu przechowywana jest **tablica strony** (page table) zawierająca lokalizację ramki dla każdej strony procesu



Proste stronicowanie

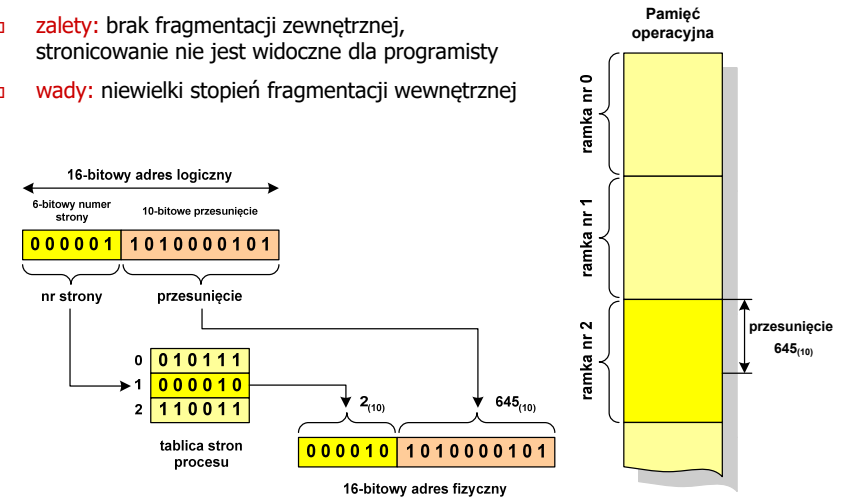
- aby mechanizm stronicowania był wygodny ustala się, że rozmiar strony jest liczbą podniesioną do potęgi drugiej - dzięki temu adres względny oraz adres logiczny (numer strony + jej przesunięcie) są takie same

Przykład:



Proste stronicowanie

- **zalety:** brak fragmentacji zewnętrznej, stronicowanie nie jest widoczne dla programisty
- **wady:** niewielki stopień fragmentacji wewnętrznej



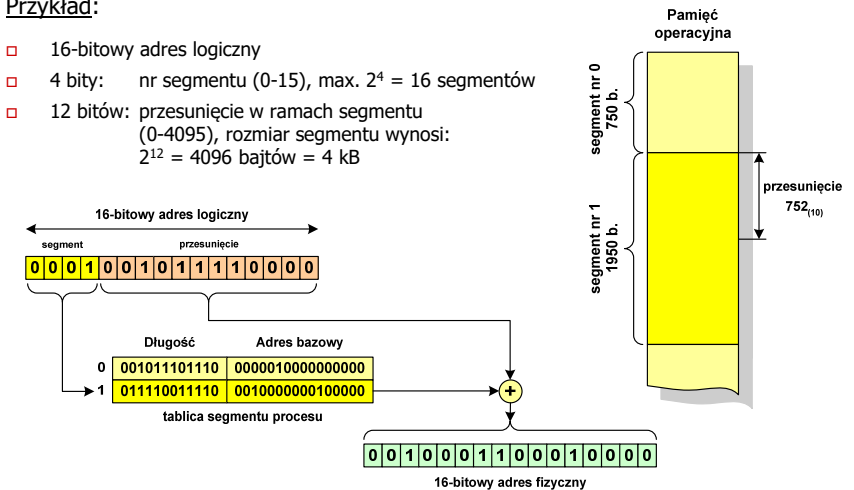
Prosta segmentacja

- polega na podzieleniu programu i skojarzonych z nim danych na odpowiednią liczbę **segmentów** o **różnej długości**
- ładowanie procesu do pamięci polega na wczytaniu wszystkich jego segmentów do partycji dynamicznych (nie muszą być ciągłe)
- segmentacja jest widoczna dla programisty i ma na celu wygodniejszą organizację programów i danych
- **adres logiczny** wykorzystujący segmentację składa się z dwóch części:
 - numeru segmentu
 - przesunięcia
- dla każdego procesu określana jest **tablica segmentu procesu** zawierająca:
 - długość danego segmentu
 - adres początkowy danego segmentu w pamięci operacyjnej

Prosta segmentacja

Przykład:

- 16-bitowy adres logiczny
- 4 bity: nr segmentu (0-15), max. $2^4 = 16$ segmentów
- 12 bitów: przesunięcie w ramach segmentu (0-4095), rozmiar segmentu wynosi: $2^{12} = 4096$ bajtów = 4 kB



Pamięć wirtualna

- **pamięć wirtualna** umożliwia przechowywanie stron/segmentów wykonywanego procesu w pamięci dodatkowej (na dysku twardym)

Co się dzieje, gdy procesor chce odczytać stronę z pamięci dodatkowej?

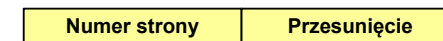
- generowanie przerwania sygnalizującego błąd w dostępie do pamięci
- zmiana stan procesu na zablokowany
- wstawienie do pamięci operacyjnej fragment procesu zawierający adres logiczny, który był przyczyną błędu
- zmiana stanu procesu na uruchomiony

Dzięki zastosowaniu pamięci wirtualnej:

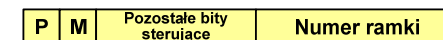
- w pamięci operacyjnej może być przechowywanych więcej procesów
- proces może być większy od całej pamięci operacyjnej

Stronicowanie pamięci wirtualnej

- przy zastosowaniu stronicowania, **adres wirtualny** (logiczny) ma postać:



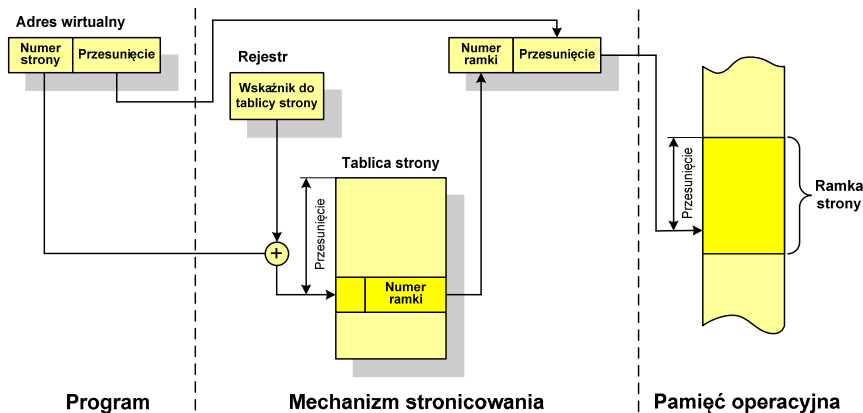
- mechanizm pamięci wirtualnej bazującej na stronicowaniu wymaga również tablicy stron



- **P** - bit określający, czy strona znajduje się w pamięci operacyjnej, jeśli tak, to zapis zawiera numer ramki tej strony
- **M** - bit określający, czy zawartość strony skojarzonej z tą tablicą została zmodyfikowana od ostatniego załadowania tej strony do pamięci - jeśli nie, to nie trzeba tej strony zapisywać, gdy ma być ona przeniesiona do pamięci pomocniczej

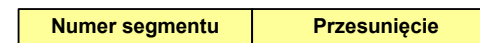
Stronicowanie pamięci wirtualnej

- odczytanie strony wymaga translacji adresu wirtualnego na fizyczny

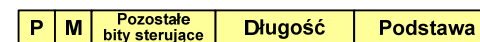


Segmentacja pamięci wirtualnej

- w przypadku segmentacji, **adres wirtualny** ma postać:



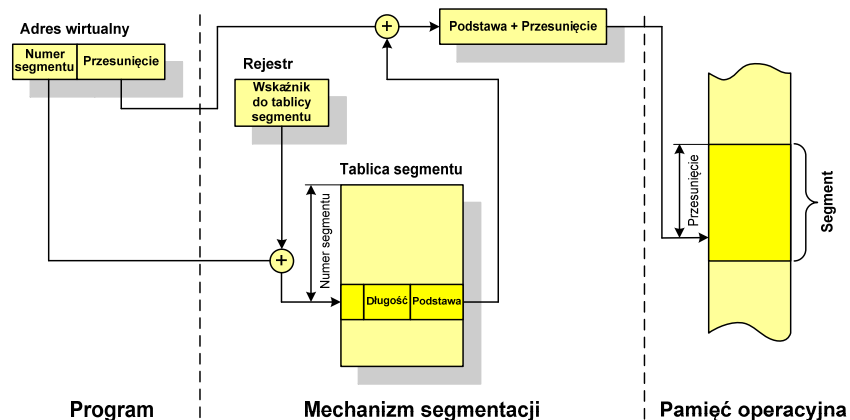
- mechanizm pamięci wirtualnej wykorzystujący segmentację wymaga **tablicy segmentu** zawierającej więcej pól



- **P** - bit określający, czy segment znajduje się w pamięci operacyjnej
- **M** - bit określający, czy zawartość segmentu skojarzonego z tablicą została zmodyfikowana od ostatniego załadowania tego segmentu do pamięci

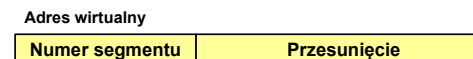
Segmentacja pamięci wirtualnej

- mechanizm odczytania słowa z pamięci obejmuje translację adresu wirtualnego na fizyczny za pomocą tablicy segmentu

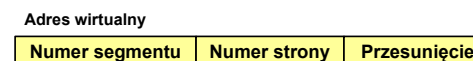


Stronicowanie i segmentacja pamięci wirtualnej

- przestrzeń adresowa użytkownika jest dzielona na dowolną liczbę **segmentów** według uznania programisty
- każdy segment jest dzielony na dowolną liczbę **stron** o stałym rozmiarze równym długości ramki pamięci operacyjnej
- z punktu widzenia programisty adres logiczny składa się z numeru segmentu oraz jego przesunięcia

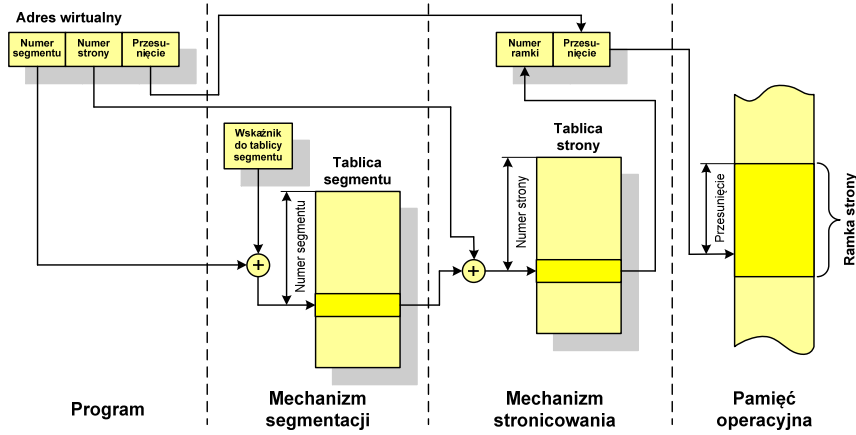


- z punktu widzenia systemu, przesunięcie segmentu jest postrzegane jako numer strony oraz przesunięcie strony dla strony wewnątrz określonego segmentu



Stronicowanie i segmentacja pamięci wirtualnej

- tłumaczenie adresu wirtualnego na adres fizyczny:



Koniec wykładu nr 14

Dziękuję za uwagę!