

# Informatyka 2 (ES1D300 017)

Politechnika Białostocka - Wydział Elektryczny  
Elektrotechnika, semestr III, studia stacjonarne I stopnia  
Rok akademicki 2019/2020

## Wykład nr 11 (10.12.2019)

dr inż. Jarosław Forenc

## Plan wykładu nr 11

- Zarządzanie dyskowymi operacjami we-wy
  - struktura dysku twardego (MBR, GPT)
- Systemy plików
  - FAT (FAT12, FAT16, FAT32, exFAT)

## Zarządzanie dyskowymi operacjami we-wy

- Metody przydziału pamięci dyskowej (teoria)
  - alokacja ciągła
  - alokacja listowa
  - alokacja indeksowa
- Struktura dysku twardego
  - MBR (BIOS)
  - GPT (UEFI)
- Systemy plików (praktyka)
  - FAT (FAT12, FAT16, FAT32, exFAT)
  - NTFS
  - ext2

## Struktura dysku twardego - MBR

- **MBR (Master Boot Record)** - główny rekord ładujący (1983, PC DOS 2.0)
- struktura danych opisująca podział dysku na partycje
- pierwszy sektor logiczny dysku (CHS → 0,0,1), zajmuje 512 bajtów

446 bajtów	4 × 16 = 64 bajty				2 bajty
Główny kod startowy	Tablica partycji				Sygnatura rozruchu
	Partycja 1	Partycja 2	Partycja 3	Partycja 4	

- **główny kod startowy (Master Boot Code, bootloader)** - program odszukujący i ładujący do pamięci zawartość pierwszego sektora aktywnej partycji
- **tablica partycji** - cztery 16-bajtowe rekordy opisujące partycje na dysku
- **sygnatura rozruchu (boot signature)** - znacznik końca MBR (0x55AA)

## Struktura dysku twardego - MBR (tablica partycji)

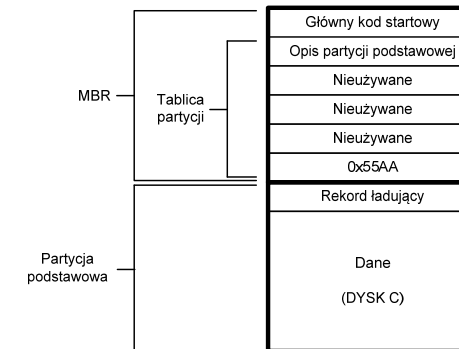
- zawartość rekordu w tablicy partycji

Bajty	Rozmiar	Zawartość
00H	1	Znacznik aktywności: 00H - nieaktywna, 80H - aktywna
01H	1	Początek partycji: numer głowicy
02H-03H	2	Początek partycji: numer cylindra i sektora
04H	1	Typ partycji (system plików)
05H	1	Koniec partycji: numer głowicy
06H-07H	2	Koniec partycji: numer cylindra i sektora
08H-0BH	4	Liczba sektorów: początek dysku → pierwszy sektor partycji
0CH-0FH	4	Rozmiar partycji: liczba sektorów w partycji

- zawartość i organizacja tablicy jest niezależna od systemu operacyjnego
- niewykorzystywany rekord zawiera same zera
- maksymalny rozmiar partycji to **2 TB** ( $2^{32} \times 512$  bajtów)

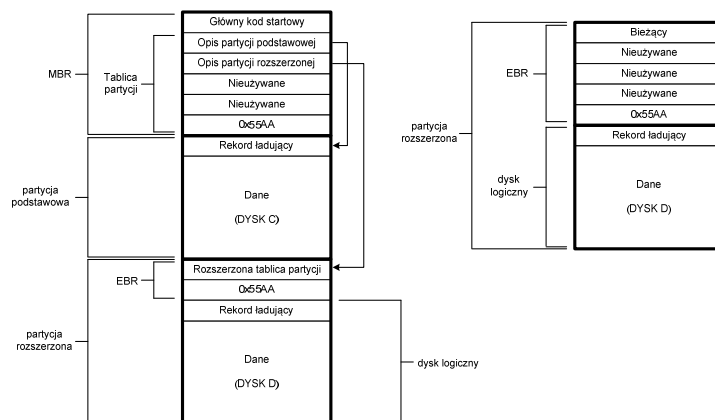
## Struktura dysku twardego - MBR (tablica partycji)

- na dysku mogą znajdować się maksymalnie 4 **partycje podstawowe** (**primary partition**)
- każda partycja podstawowa może zawierać jeden **dysk logiczny**



## Struktura dysku twardego - MBR (tablica partycji)

- w tablicy partycji można utworzyć jedną **partycję rozszerzoną** (**extended partition**), która może zawierać wiele dysków logicznych

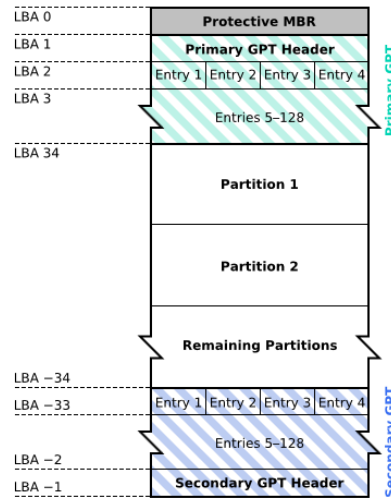


## Struktura dysku twardego - GPT

- GPT (GUID Partition Table)** - standard zapisu informacji o partycjach na dysku twardym
- GUID (Globally Unique Identifier)** - 128-bitowa liczba stosowana do identyfikowania informacji w systemach komputerowych
- GPT to część standardu **UEFI (Unified Extensible Firmware Interface)**, który zastąpił BIOS w komputerach PC (interfejs graficzny, obsługa myszki)
- opracowanie: IBM/Microsoft, 2010 rok
- maksymalny rozmiar dysku to **9,4 ZB** ( $2^{64}$  sektorów  $\times$  512 bajtów)
- możliwość utworzenia do 128 partycji podstawowych

## Struktura dysku twardego - GPT (struktura)

- **Protective MBR** - pozostawiony dla bezpieczeństwa
- **GPT Header (512 bajtów):**
  - liczba pozycji w tablicy partycji
  - rozmiar pozycji w tablicy partycji
  - położenie zapasowej kopii GPT
  - unikatowy identyfikator dysku
  - sumy kontrolne
- **Entry x (128 bajtów):**
  - typ partycji
  - unikatowy identyfikator
  - początkowy i końcowy numer LBA
  - atrybuty
  - nazwa



## 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 (praktycznie 28)
  - 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
- obsługuje  $2^{12} = 4096$  jednostek alokacji, max. rozmiar partycji to 16 MB
- **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

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

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

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

## FAT12

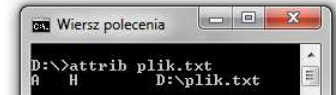
- katalog główny zawiera 32-bajtowe pola mogące opisywać pliki, podkatalogi lub etykiety dysku

Zawartość pola:

Bajty	Rozmiar	Zawartość
00H-07H	8	Nazwa pliku w kodach ASCII
08H-0AH	3	Rozszerzenie nazwy pliku
0BH	1	Atrybuty pliku
0CH-15H	10	Zarezerwowane
16H-17H	2	Czas utworzenia lub aktualizacji pliku
18H-19H	2	Data utworzenia lub aktualizacji pliku
1AH-1BH	2	Numer pierwszej JAP
1CH-1DH	2	Mniej znaczące słowo rozmiaru pliku
1EH-1FH	2	Bardziej znaczące słowo rozmiaru pliku

Atrybuty pliku:

Bit	Znaczenie
0	Plik tylko do odczytu (read only)
1	Plik ukryty (hidden)
2	Plik systemowy (system)
3	Etykieta dysku (volume label)
4	Podkatalog
5	Plik archiwalny (archive)
6,7	Nie wykorzystywane

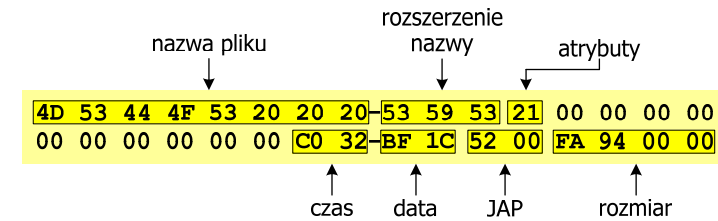


## FAT12

- przykładowa zawartość katalogu głównego:

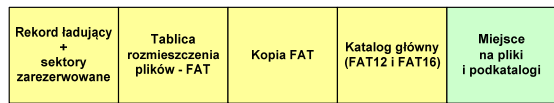
```

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

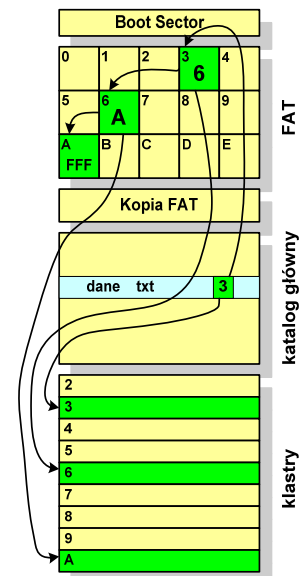
- pozostałą część dysku zajmuje miejsce na pliki i podkatalogi



- podkatalogi nie są ograniczone co do wielkości, zapisywane są na dysku w sposób identyczny jak pliki użytkowe i także zawierają 32-bajtowe pola

## 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



## FAT12 - struktura dyskietki (1,44 MB)



- całkowita liczba sektorów na dyskietce: 2880
- liczba sektorów systemowych: 33

Rekord ładujący + sektory zarezerwowane	Tablica rozmieszczenia plików - FAT	Kopia FAT	Katalog główny (FAT12 i FAT16)	Miejsce na pliki i podkatalogi
1 sektor	9 sektorów	9 sektorów	14 sektorów	2847 sektorów

- maksymalna liczba plików w katalogu głównym: 224
- liczba sektorów na pliki i podkatalogi:  $2880 - 33 = 2847$
- dostępne miejsce na pliki i podkatalogi:  $2847 \times 512 = 1\,457\,664$  bajty

## FAT16

- po raz pierwszy pojawił się w systemie MS-DOS 3.3
- ogólna struktura dyskietki / dysku logicznego w systemie FAT16 jest taka sama jak w przypadku FAT12

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

- maksymalna liczba jednostek alokacji ograniczona jest do  $2^{16}$  czyli 65536
- w systemach **DOS** i **Windows 95** maksymalny rozmiar JAP to  $2^{15}$  bajtów czyli 32 kB, stąd maksymalny rozmiar dysku logicznego w tych systemach to  $65536 \times 32$  kB czyli **ok. 2 GB**
- w systemie **Windows 2000** górna granica rozmiaru JAP wynosi  $2^{16}$  bajtów (64 kB), czyli rozmiar dysku logicznego zwiększa się do **4 GB**.

## 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

Rekord ładujący + sektory zarezerwowane	Tablica rozmieszczenia plików - FAT	Kopia FAT	Miejsce na 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
- dla JAP od 4 kB do 32 kB, teoretycznie dysk może mieć rozmiar **8 TB**, ale praktycznie ograniczenie (MBR) to liczba  $2^{32}$  sektorów, czyli **2 TB**
- w systemie FAT32 można formatować tylko dyski, nie można natomiast zainstalować go na dyskietkach

## FAT32

- w systemie FAT32 katalog główny może znajdować się w dowolnym miejscu na dysku i może zawierać maksymalnie 65 532 pliki i katalogi

Bajty	Rozmiar	Zawartość
00H-07H	8	Nazwa pliku w kodach ASCII
08H-0AH	3	Rozszerzenie nazwy pliku
0BH	1	Atrybuty pliku
0CH	1	Wielkość liter nazwy i rozszerzenia pliku
0DH	1	Czas utworzenia w milisekundach
0EH-0FH	2	Czas utworzenia
10H-11H	2	Data utworzenia
12H-13H	2	Czas ostatniego dostępu
14H-15H	2	Numer pierwszej JAP (16 starszych bitów)
16H-17H	2	Czas utworzenia lub aktualizacji pliku
18H-19H	2	Data utworzenia lub aktualizacji pliku
1AH-1BH	2	Numer pierwszej JAP (16 młodszych bitów)
1CH-1DH	2	Mniej znaczące słowo rozmiaru pliku
1EH-1FH	2	Bardziej znaczące słowo rozmiaru pliku

## FAT32 - długie nazwy plików

- wprowadzone w systemie Windows 95
- informacje o nazwie pliku zapamiętywane są jako:
  - długa nazwa
  - skrócona nazwa (tzw. alias długiej nazwy)
- metoda tworzenia skróconej nazwy pliku:
  - rozszerzenie długiej nazwy staje się rozszerzeniem skróconej nazwy
  - pierwsze sześć znaków długiej nazwy staje się pierwszymi sześcioma znakami skróconej nazwy (nie dozwolone znaki zamieniane są na znak podkreślenia, małe litery zamieniane są na wielkie litery)
  - pozostałe dwa znaki nazwy skróconej to ~1 lub jeśli plik o takiej nazwie istnieje ~2, itd.

## FAT32 - długie nazwy plików

- **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)

Bajty	Rozmiar	Zawartość
00H	1	Pierwsze 6 bitów określa numer fragmentu nazwy, bit 7 - czy jest to ostatni fragment nazwy, a bit 8 - czy plik został usunięty lub jego nazwa skrócona
01H-0AH	10	Pierwsze 5 znaków nazwy
0BH	1	Atrybut (zawsze F)
0CH	1	Zarezerwowany (zawsze 0)
0DH	1	Suma kontrolna wersji krótkiej 8+3
0EH-19H	12	Kolejne 6 znaków nazwy
1AH-1BH	2	Numer początkowego klastra (zawsze 0)
1CH-1FH	4	Dwie ostatnie litery nazwy

## 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 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	S Y S T E M ~ 1 T X T . K . .
0070	67 32 67 32 00 00 08 80-67 32 02 00 06 00 00 00	g 2 g 2 . . . . . g 2 . . . . .

← skrócona nazwa pliku

## FAT - wady systemu plików FAT

- **fragmentacja wewnętrzna** - nawet najmniejszy plik zajmuje całą JAP - gdy rozmiar klastra jest duży, a na dysku znajduje się dużo małych plików - pewna część miejsca jest tracona
- **fragmentacja zewnętrzna** - silna fragmentacja plików pomiędzy wiele klastrów o bardzo różnym fizycznym położeniu na dysku (konieczność okresowej defragmentacji przy użyciu specjalnych narzędzi programowych)
- duże prawdopodobieństwo powstawania błędów zapisu, polegających na przypisaniu jednego klastra dwóm plikom (tzw. **crosslinks**), co kończy się utratą danych z jednego lub obu „skrzyżowanych” plików
- typowym błędem, pojawiającym się w systemie FAT, jest również pozostawianie tzw. **zagubionych klastrów (lost chains)**, tj. jednostek alokacji nie zawierających informacji, ale opisanych jako zajęte
- brak mechanizmów ochrony - **praw dostępu**

## exFAT (FAT64)

- stworzony przez Microsoft na potrzeby pamięci Flash
- 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
- może być używany wszędzie tam, gdzie NTFS nie jest najlepszym rozwiązaniem ze względu na dużą nadmiarowość struktury danych
- 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

## Koniec wykładu nr 11

Dziękuję za uwagę!