

Macierze RAID

m@v€K pud3£k0

Urządzenia Techniki Komputerowej

Spis treści

- Definicja macierzy RAID
- Historia RAID
- Rodzaje rozwiązań
 - Płyta główna z kontrolerem
 - Kontroler wewnętrzny
 - Macierz zewnętrzna
- Odmiany
 - RAID 0
 - RAID 1
 - RAID 2
 - RAID 3
 - RAID 4
 - RAID 5
 - RAID 6
 - RAID 7
- Odmiany hybrydowe
 - RAID 10
 - RAID 01
 - RAID 1E
 - Matrix RAID
- Architektury nie-RAID
 - JBOD
 - Wolumin łączony
 - MAID
 - Biblioteki taśm
- Kopia zapasowa
- Obsługa w BIOS-ie
- Podsumowanie

RAID

- **RAID** (*Redundant Array of Independent Disks*, Nadmiarowa macierz niezależnych dysków) - polega na współpracy dwóch lub więcej dysków twardech w taki sposób, aby zapewnić dodatkowe możliwości, nieosiągalne przy użyciu jednego dysku.



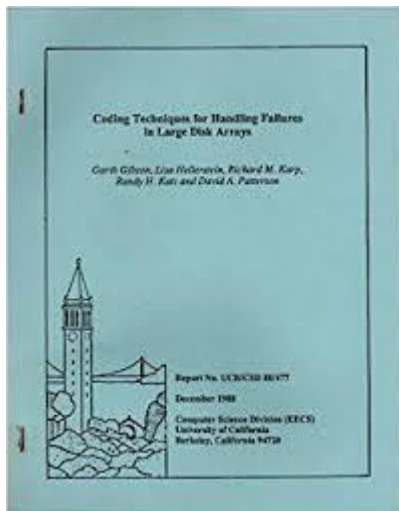
Zastosowanie macierzy RAID

- Zwiększenie niezawodności (odporność na awarie),
- Przyspieszenie transmisji danych,
- Powiększenie przestrzeni dostępnej jako jedna całość.



Historia RAID

- Idea powstania RAID sięga połowy lat 80-tych zeszłego wieku, gdy trzech profesorów amerykańskiego uniwersytetu Berkeley (David A. Patterson, Garth Gibson oraz Randy H. Katz) opublikowało swoją pracę '*A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks (RAID)*'.
 - RAID początkowo oznaczało *nadmiarową macierz niedrogich* dysków.
- Zaproponowali macierze RAID jako rozwiązanie rosnącego zapotrzebowania na pojemne i tanie pamięci masowe.



David A. Patterson, Garth Gibson and
Randy H. Katz "A case for redundant
arrays of inexpensive disks (RAID)",
SIGMOD'88 Pages 109 - 116.

The First RAID Group – U.C. Berkley 1984

Dave Patterson



Garth Gibson



Randy Katz



RAID1 (1989) - Sun 4/280 WS, 128 MB DRAM, 4 dual-string SCSI controllers, 28 5.25-inch SCSI disks with disk mirroring software.

Historia RAID

- Procesor, pamięć były bardziej wydajne niż pamięci masowe.
 - Stosowane w centrach danych 14" dyski SLED (*Single Large Expensive Disk*) oferowały dużą pojemność, ale ich cena była bardzo wysoka.
 - Tańsze dyski 5,25" oferowały ograniczoną pojemność.
- Amerykanie przedstawili pięć sposobów połączenia poszczególnych dysków w macierz, określając je mianem poziomów RAID - od 1 do 5.
 - RAID miał być ekonomiczną opcją stworzenia pojemnej pamięci masowej przy wykorzystaniu macierzy dyskowej złożonej z dużej liczby mniejszych dysków, która pracowałaby jak pojedynczy napęd logiczny.
 - Zmiana znaczenia litery I z '*inexpensive*' na '*independent*' wymuszona została przez rozwój RAID w kierunku równoczesnego zwiększenia bezpieczeństwa i obniżki cen pojemnych napędów.



Historia RAID

- Początkowo macierze RAID korzystały z dysków SCSI.
 - Były wydajne, miały niezależny przepływ danych, hot-swapping.
 - Sterownik obsługiwał do 15 dysków twardych
 - Pracowały w serwerach i wysokiej klasy stacjach roboczych
- W 1997 roku powstał pierwszy kontroler RAID pracujący z dyskami ATA.
 - Wersja ATAPI-4, mniej obciążająca procesor przy transferze danych
 - Kontroler korzystał z karty rozszerzeń PCI.
 - Wersja dla użytkowników indywidualnych
- Pozwalało to stworzyć tanią macierz, z której mogło skorzystać więcej osób.
 - Niższa wydajność, mniejsza odporność na utratę dysków niż dla SCSI.
- Koniec lat 90-tych to czas, kiedy w macierz zaczęto łączyć pierwsze dyski SSD.
 - Początkowo używano kontrolerów dla HDD
 - Były powolne i nie wykorzystywały w pełni możliwości SSD
- Obecnie korzysta się z rozwiązań dedykowanych dla pamięci Flash.
 - Mniejsze opóźnienia dla transferu danych
 - Możliwość podłączenia dużej liczby nośników
 - Redukcja niepotrzebnych zapisów oszczędzająca SSD.

Rodzaje rozwiązań

- Rozwiązania sprzętowe

- Kontrolery wewnętrzne RAID
- Płyta główna z wbudowanym kontrolerem
- Macierze zewnętrzne



- Rozwiązania programowe

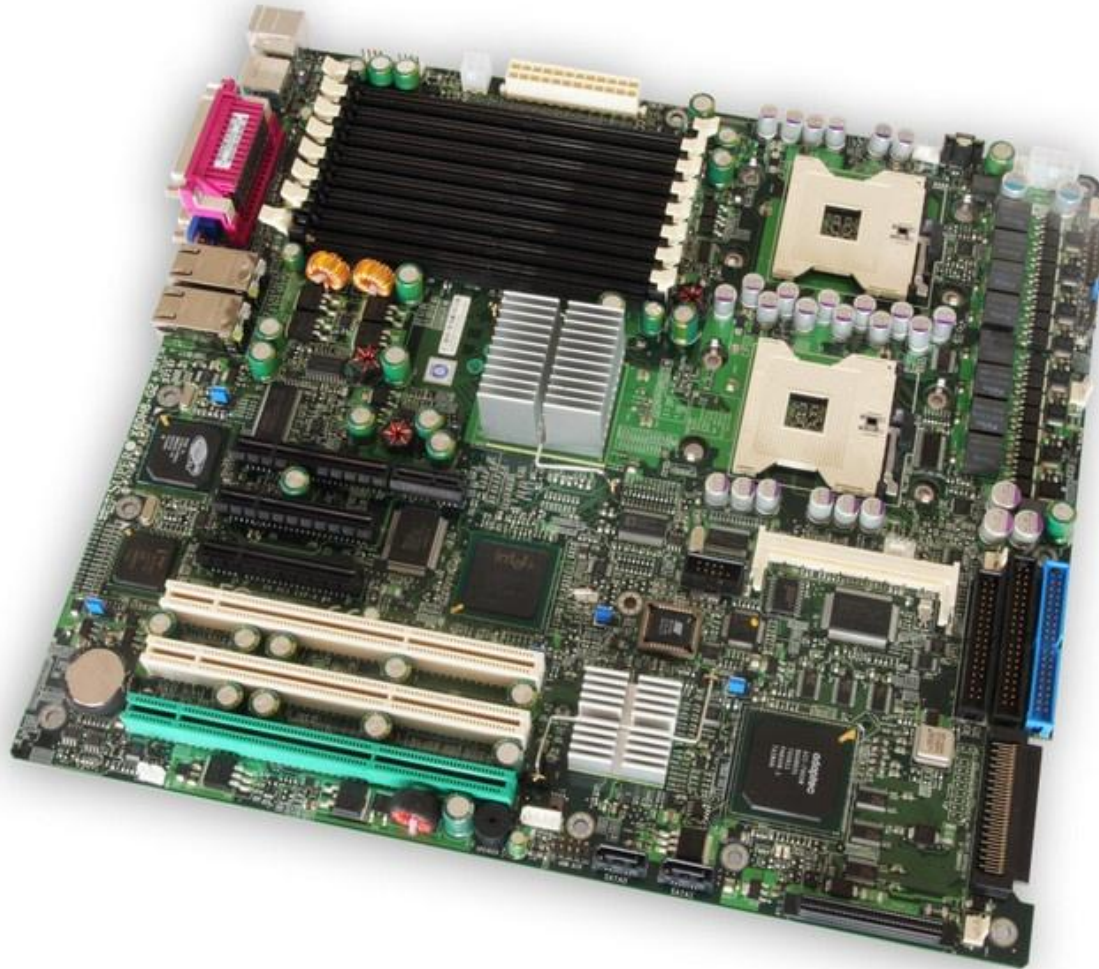
- Windows NT, 2000, XP, Server 2003, 2007 i nowsze
- Mac OS X Server (OS X Server)
- Linux



Mac OS X



SuperMicro Server Mainboard (X6DH8-G2) + kontroler SCSI on-board (RAID 0,1,10 dla maks. 4 HDD)



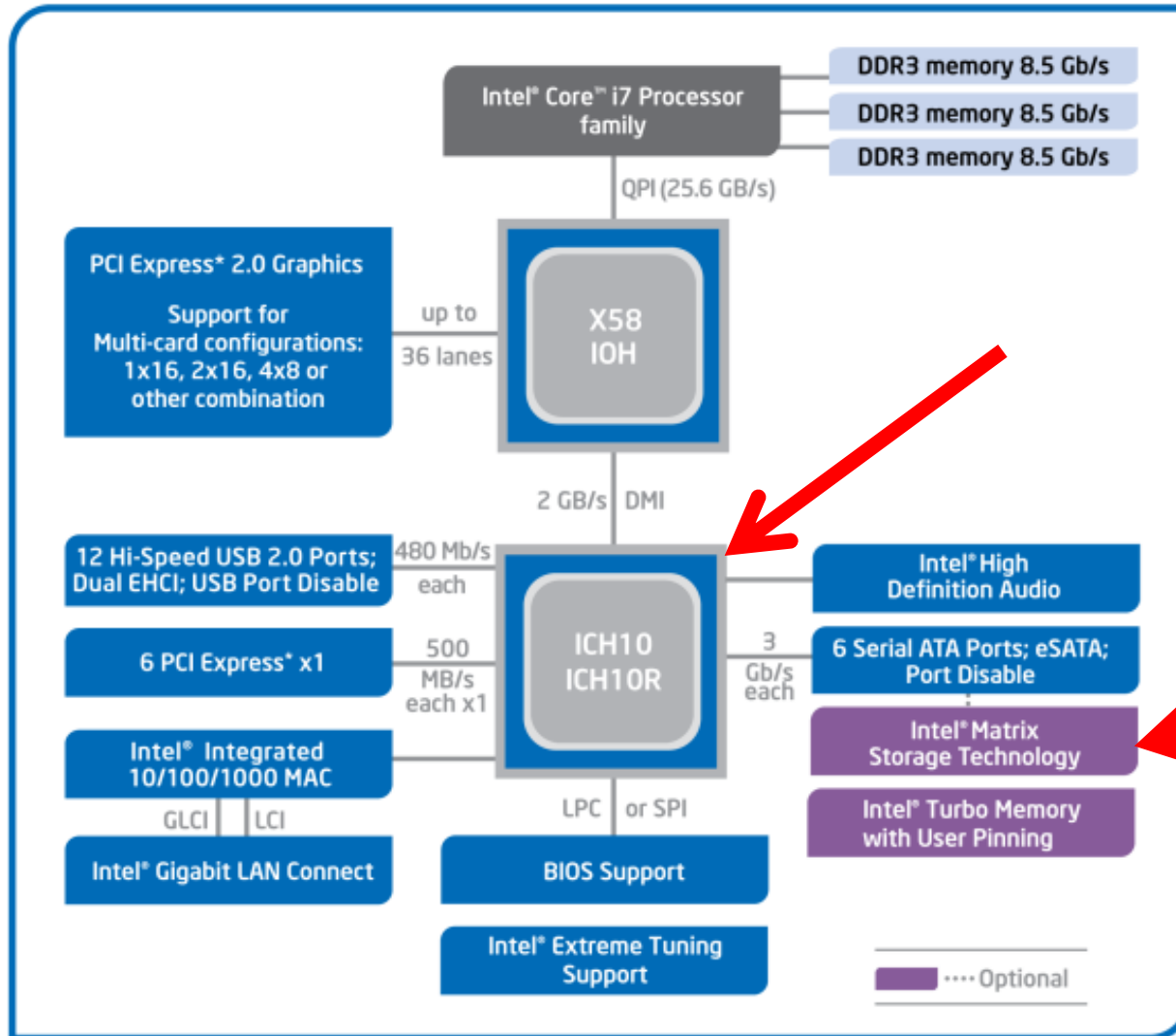
Płyta główna z kontrolerem RAID

- Na niektórych płytach głównych montuje się kontroler RAID.
 - Płyty serwerowe i droższe stacje robocze
- System zintegrowany z BIOS-em i chipsetem.
 - Umożliwienie uruchomienia OS z takiego dysku.
- Sprzętowe kontrolery RAID posiadają procesor dla obliczeń wszystkich operacji RAID, przez co odciążają procesor od obliczeń RAID.
 - Autonomiczny kontroler zapewnia dużą wydajność i niezawodność pamięci masowej.
 - Słabsze kontrolery część obliczeń przekazują procesorowi.
- Część zadań może przejąć chipset płyty głównej
 - Zmniejszenie kosztów płyty głównej
 - Chipsety Intela obsługujące macierz RAID mają R na końcu oznaczenia (np. ICH7R , ICH10R)
 - Większość chipsetów AMD poradzi sobie z macierzami
- Zaletą jest automatyczne odtworzenie macierzy RAID, gdy wymieni się jeden z dysków.
- Płyty obsługują bez problemów macierze poziomów 0, 1, 10. wystarczy wtedy sam procesor bez specjalnego układu.
 - Przy poziomach 5,6 liczba obliczeń sum kontrolnych wymaga dedykowanego kontrolera.

Kontrolery na płycie głównej

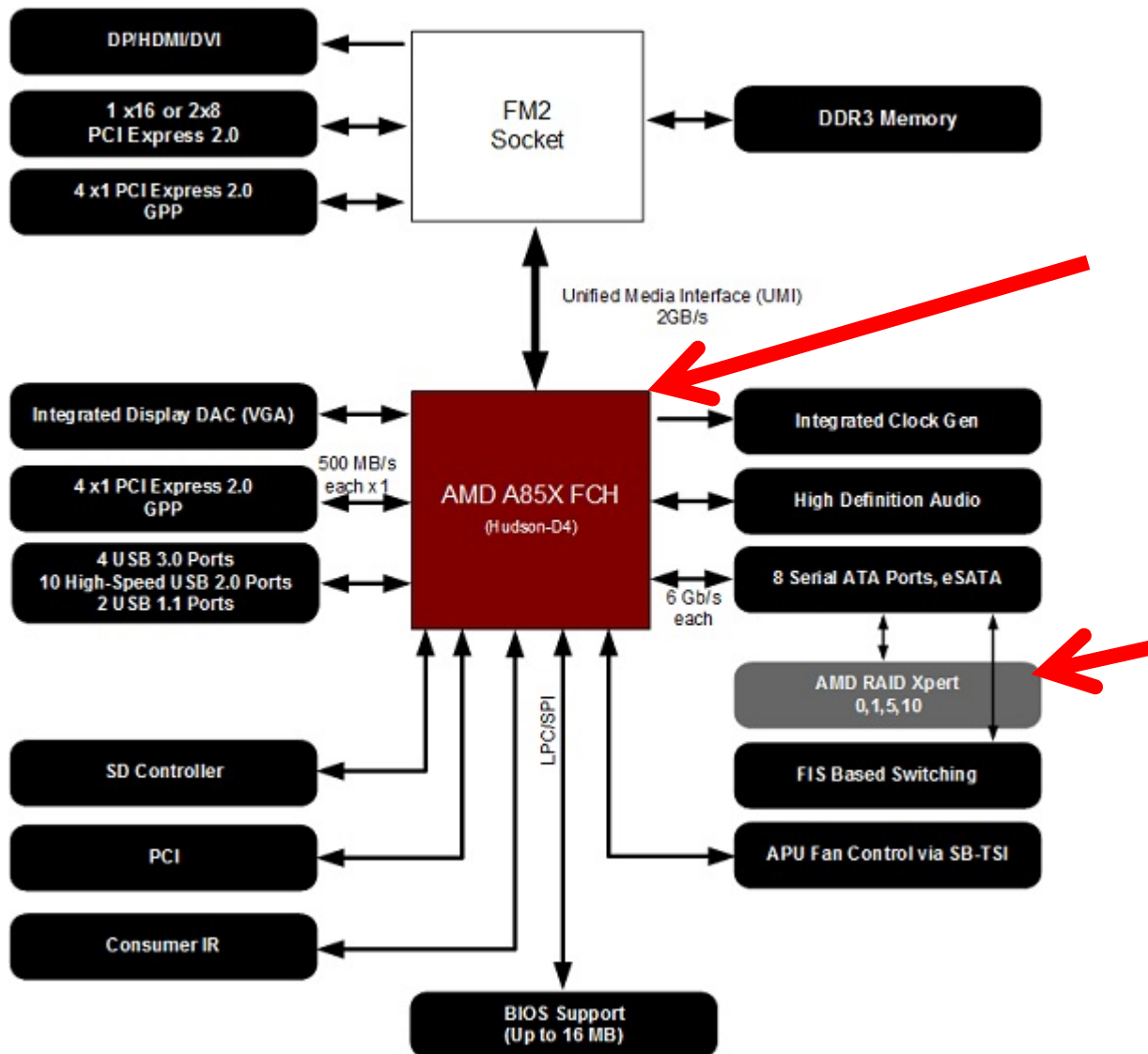


Chipset ICH10R obsługuje RAID



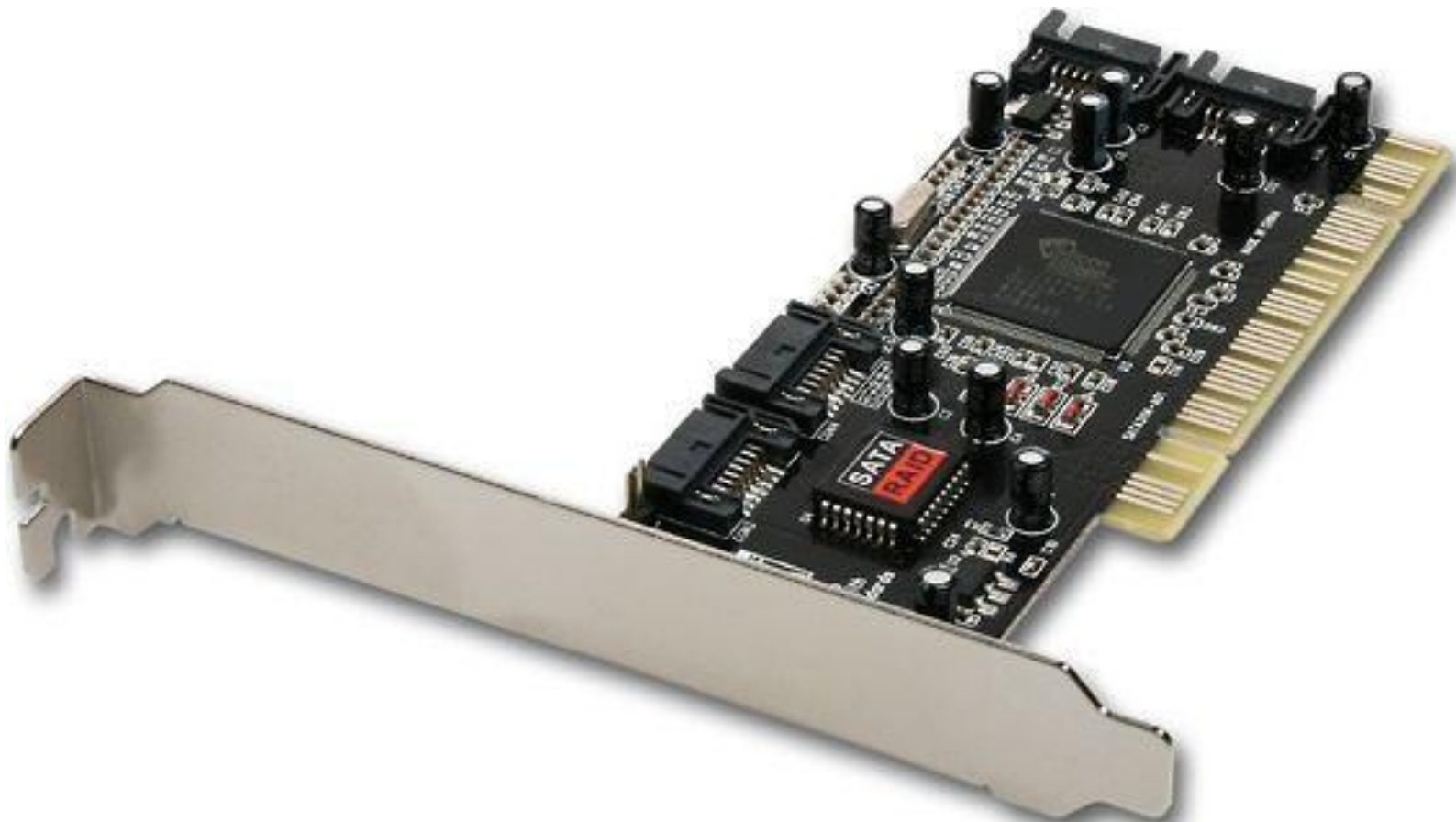
- ICH10R zawiera kontroler RAID na płycie
- Litera R na końcu oznaczenia chipsetu oznacza obsługę macierzy RAID
- Operacje na macierzy cały czas zaprzęgają CPU.

Obsługa RAID na płytach AMD



- Chipsety dla AMD obsługują macierze RAID jako opcję.
- Dostępne są poziomy 0, 1, 5, 10

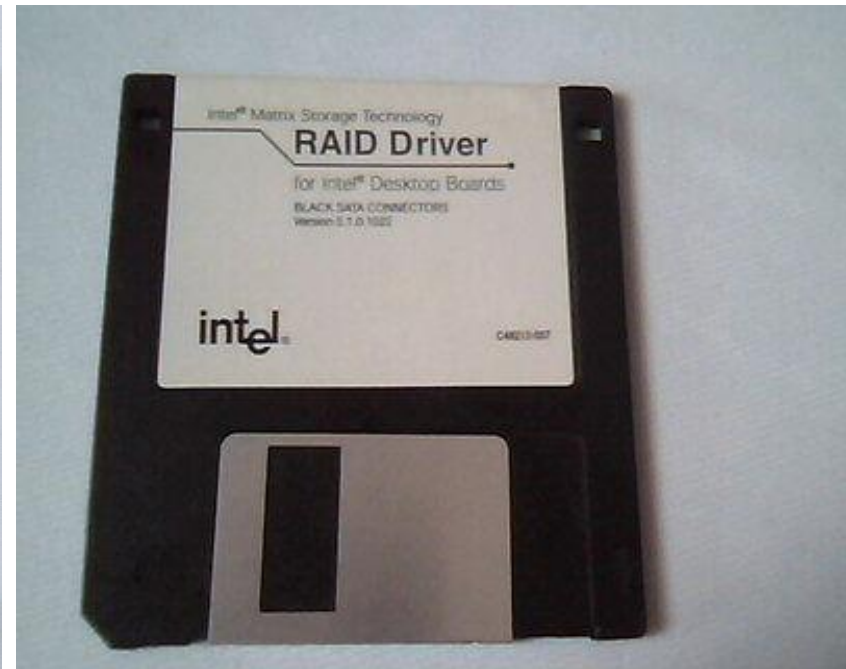
Axagon Kontroler pamięci RAID, 4 kanał, RAID 0,1,5,JBOD



Kontroler RAID

- Pozwala zastosować macierz RAID, gdy płyta główna nie ma odpowiedniego kontrolera.
 - Podłączany jest do gniazda PCI lub PCI-Express.
 - Dyski trzeba połączyć do gniazd na kontrolerze, a urządzenie z portem SATA na płycie głównej.
- Nawet gdy wymieni się jeden z dysków, macierz RAID zostanie odtworzona w pełni automatycznie.
- Sprzętowe kontrolery RAID posiadają procesor dla obliczeń wszystkich operacji RAID, przez co nie obciążają dodatkowo procesora obliczeniami RAID.
 - Kontroler zapewnia dużą wydajność i niezawodność pamięci masowej.
- Musi być kompatybilny z systemami operacyjnymi
 - Dla systemów opartych na Uniksie i Linusie, sterownik musi posiada warstwę kompatybilności z Linuksem i odpowiednie narzędzia programowe.
 - Inne, rzadsze systemy operacyjne mogą mieć problem ze sterownikami.
- Kontrolery sprzętowe muszą współpracować z BIOS-em komputera.
 - Umożliwienie uruchomienia OS z takiego dysku.
- Wadą takiego rozwiązania jest cena samego kontrolera.

Sterowniki do RAID



Promise 3U VTrak E-Class Fibre Channel RAID VTE610fs



RAID programowy

- W przypadku programowego RAID za sterowanie zespołem dysków odpowiada oprogramowanie zainstalowane na komputerze. Niektóre z systemów operacyjnych mają już niezbędne składniki.
 - Windows NT obsługuje RAID 0 oraz RAID 1 i 5 - ten ostatni tylko w wersji serwerowej.
 - Linux obsługuje macierze poziomu 0, 1, 4 i 5.
- RAID programowy jest w wielu przypadkach najtańszym i najprostszym rozwiązaniem.
 - Oprogramowanie RAID bardzo obciąża procesor komputera,
 - Jest związane z konkretną platformą i systemem operacyjnym.
 - Zwykle są tylko jedno lub dwa złącza do podłączenia napędów, co ogranicza możliwości równoległych odwołań do dysków, a zatem i wydajność.

Rodzaje RAID

- RAID 0
- RAID 1
- RAID 2
- RAID 3
- RAID 4
- RAID 5
- RAID 6
- RAID 7

RAID 0 (stripping)

- Polega na połączeniu ze sobą dwóch lub więcej dysków fizycznych tak, aby były widziane jako jeden dysk logiczny.
 - Powstała przestrzeń ma rozmiar $N \times$ rozmiar najmniejszego z dysków.
 - Sumaryczna szybkość jest N -krotnością szybkości najwolniejszego z dysków
- Dane są przeplecione pomiędzy dyskami. Dzięki temu uzyskujemy znaczne przyśpieszenie operacji zapisu i odczytu ze względu na zrównoleglenie tych operacji na wszystkie dyski w macierzy.
- Warunkiem uzyskania takiego przyśpieszenia jest operowanie na blokach danych lub sekwencjach bloków danych większych niż pojedynczy blok danych macierzy RAID 0 - ang. *stripe unit size*.
- RAID-0 nie jest zaliczany do macierzy nadmiarowych, stąd też 0 w nazwie (określa brak dysków 'nadmiarowych' - których pojemność wykorzystywana jest przez macierz i nie jest dostępna dla użytkownika).

RAID 0

Dysk 1
A1
A3
A5
A7
A9

Dysk 2
A2
A4
A6
A8
A10

- Korzyści:
 - przestrzeń wszystkich dysków jest widziana jako całość
 - przyspieszenie zapisu i odczytu w porównaniu do pojedynczego dysku
- Wady:
 - brak odporności na awarię dysków
 - **N * rozmiar najmniejszego z dysków**
 - Zwiększenie awaryjności nie oznacza skrócenie żywotności dysków - zwiększa się teoretyczna możliwość awarii.
 - W przypadku RAID 0 utrata danych w przypadku awarii jednego z dysków jest tożsama z awarią, gdy posiadamy jeden dysk - uszkodzenie jednego dysku również powoduje utratę danych

RAID 0

- **Przykład 1**

- Trzy dyski po 500 GB zostały połączone w RAID 0. Powstała przestrzeń ma rozmiar 1,5 TB. Szybkość zapisu lub odczytu jest prawie trzykrotnie większa niż na pojedynczym dysku. Oczywiście sumaryczna szybkość jest 3-krotnością szybkości najwolniejszego z dysków, gdyż kontroler raid podczas zapisu/odczytu musi poczekać na najwolniejszy dysk. Stąd też sugeruje się dyski identyczne, o identycznej szybkości i pojemności.

- **Przykład 2**

- Trzy dyski: 160 GB, 500 GB i 80 GB zostały połączone w RAID 0. Powstała w ten sposób przestrzeń ma rozmiar taki jak $N \cdot \text{rozmiar najmniejszego z dysków}$, czyli $3 \cdot 80 \text{ GB} = 240 \text{ GB}$. Szybkość jest ograniczona szybkością najwolniejszego dysku, analogicznie do poprzedniego przykładu.

- **Zastosowanie RAID 0**

- Rozwiązanie do budowy tanich i wydajnych macierzy, służących do przetwarzania dużych plików multimedialnych. Przechowywanie danych na macierzy RAID 0 wiąże się ze zwiększonym ryzykiem utraty tych danych, w przypadku awarii jednego z dysków tracimy wszystkie dane.

RAID 1 (mirroring)

- Polega na replikacji pracy dwóch lub więcej dysków fizycznych. Powstała przestrzeń ma rozmiar pojedynczego nośnika. RAID 1 jest zwany również mirroringiem. Szybkość zapisu i odczytu zależy od zastosowanej strategii:
- Zapis:
 - zapis sekwencyjny na kolejne dyski macierzy - czas trwania operacji równy sumie czasów trwania wszystkich operacji
 - zapis równoległy na wszystkie dyski macierzy - czas trwania równy czasowi trwania operacji na najwolniejszym dysku
- Odczyt:
 - odczyt sekwencyjny z kolejnych dysków macierzy (ang. *round-robin*) - przy pewnej charakterystyce odczytów możliwe osiągnięcie szybkości takiej jak w RAID 0
 - odczyt wyłącznie ze wskazanych dysków - stosowane w przypadku znacznej różnicy w szybkościach odczytu z poszczególnych dysków

RAID 1

Dysk 1
A1
A2
A3
A4
A5

Dysk 2
A1
A2
A3
A4
A5

- Korzyści:
 - odporność na awarię $N - 1$ dysków przy N -dyskowej macierzy
 - możliwe zwiększenie szybkości odczytu
- Wady:
 - zmniejszona szybkość zapisu
 - utrata pojemności (całkowita pojemność jest taka jak pojemność najmniejszego dysku)

RAID 1

- **Przykład 1**

- Trzy dyski po 250GB zostały połączone w RAID 1. Powstała w ten sposób przestrzeń ma rozmiar 250 GB. Jeden lub dwa dyski w pewnym momencie ulegają uszkodzeniu. Cała macierz nadal działa.

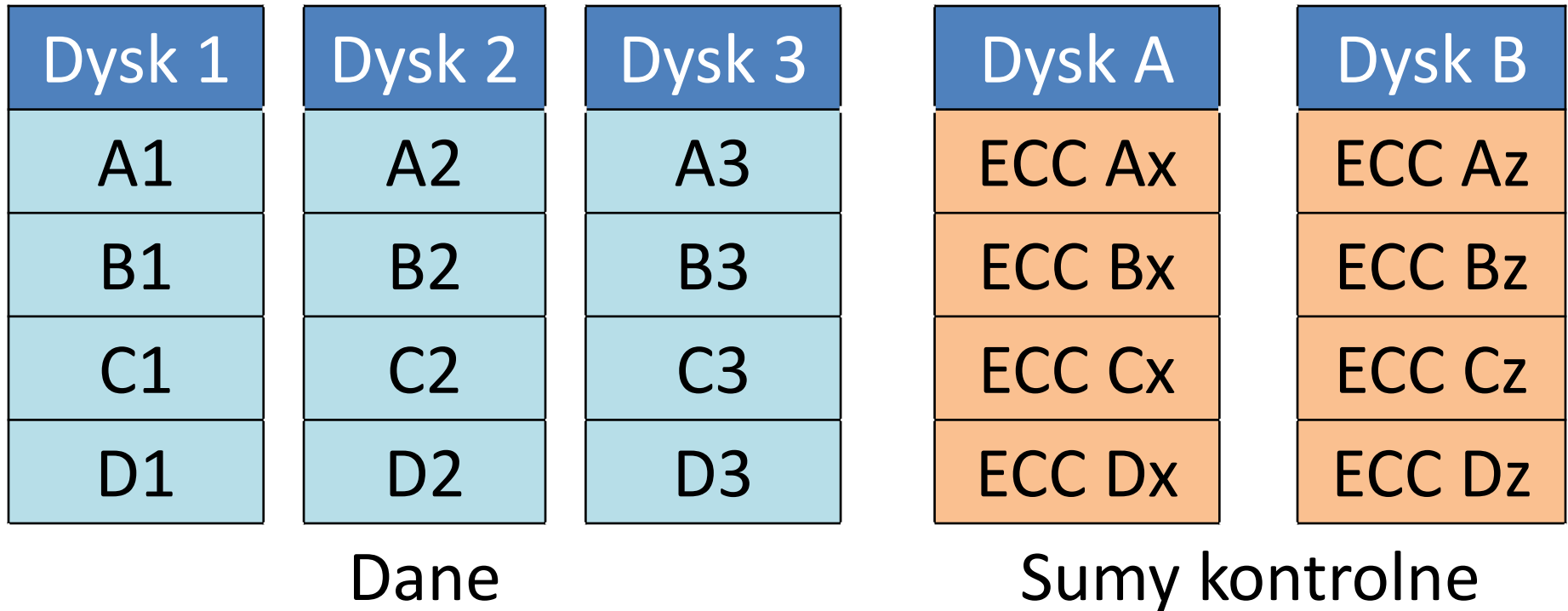
- **Zastosowanie RAID 1**

- Rozwiązanie jednocześnie bezpieczne, proste i wydajne. Nastawione jest głównie na ochronę danych.

RAID 2

- Dane na dyskach są dzielone na paski. Zapis następuje po 1 bicie na pasek.
 - RAID 2 używa w tym celu oprócz ośmiu bitów na dane dodatkowo dwóch bitów na kod ECC. W ten sposób można nie tylko wykryć błąd, ale również go zlokalizować.
- Podział bitowy na napędy wymusza zastosowanie nie mniej niż dziesięciu napędów w macierzy.
 - Potrzeba 8 powierzchni do obsługi danych oraz 2 dodatkowe dyski do przechowywania informacji generowanych za pomocą kodu Hamminga potrzebnych do korekcji błędów.
- Ze względu na możliwość równoległych odwołań szybkość odczytu wzrasta ośmiokrotnie, ale już podczas zapisu wydajność spada poniżej wydajności pojedynczego napędu - ze względu na duży stały blok ECC.
- Liczba dysków używanych do przechowywania tych informacji jest proporcjonalna do logarytmu liczby dysków, które są przez nie chronione.
- Połączone dyski zachowują się jak jeden duży dysk. Dostępna pojemność to suma pojemności dysków przechowujących dane.

RAID 2



- Kod Hamminga potrafi wykryć i skorygować przekłamanie 1 bitu.
- Działa na zasadzie sprawdzania bitu parzystości.

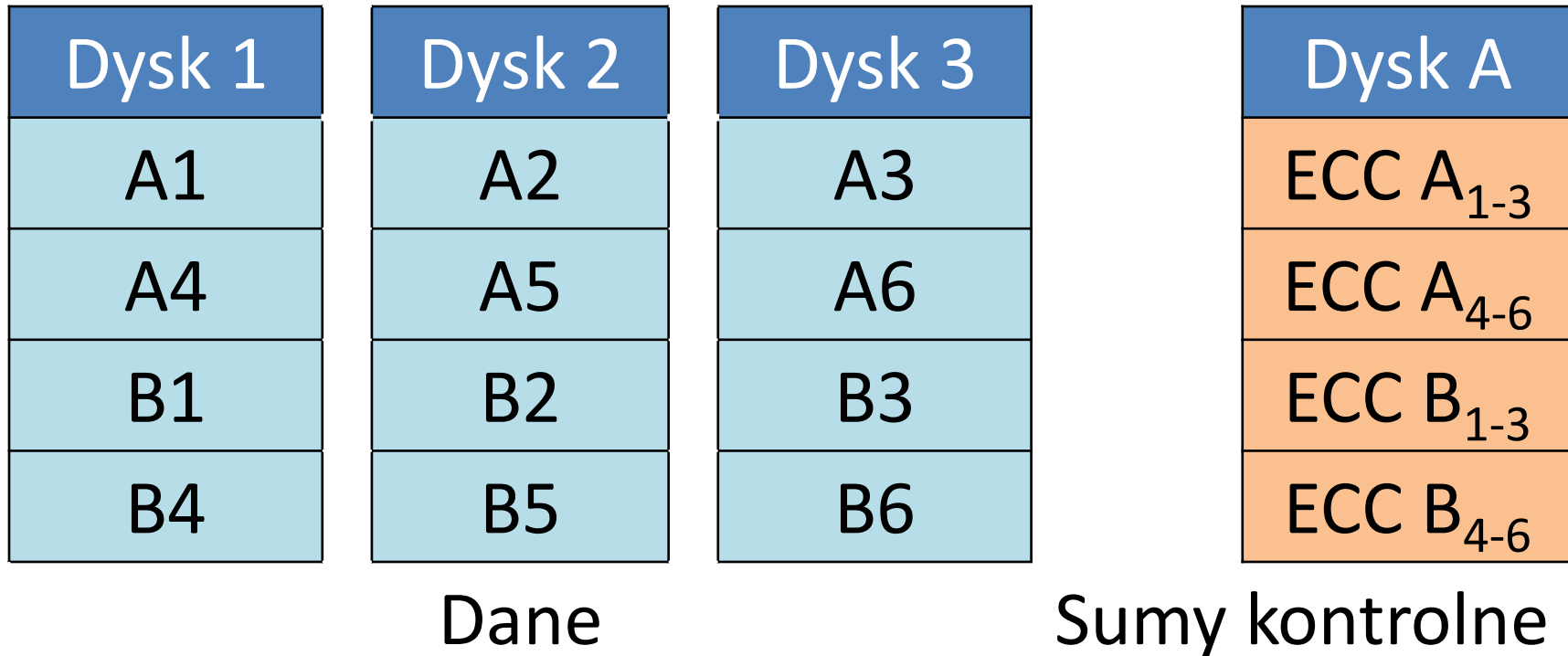
RAID 2

- Korzyści:
 - każdy dowolny dysk (zarówno z danymi jak i z kodem Hamminga) może w razie uszkodzenia zostać odbudowany przez pozostałe dyski
 - Możliwość naprawy błędów danych
- Wady:
 - konieczność dokładnej synchronizacji wszystkich dysków zawierających kod Hamminga (w przeciwnym wypadku dezorganizacja i całkowita nieprzydatność tych dysków)
 - długotrwałe generowanie kodu Hamminga przekładające się na wolną pracę całego systemu
- **Zastosowanie RAID 2**
- Rozwiązanie było przydatne w dyskach i układach, które nie miały kontroli poprawności danych.
- Obecnie stosowany wyłącznie w maszynach typu mainframe, gdzie jest wymagany bardzo wysoki poziom ochrony danych.

RAID 3

- Dane składowane są na N-1 dyskach. Ostatni dysk służy do przechowywania sum kontrolnych.
- Działa jak RAID 0, ale w macierzy jest dodatkowy dysk, na którym zapisywane są kody parzystości obliczane przez specjalny procesor, przez co kontrolery potrzebne do przekierowania.

RAID 3



- Sumy te powstają z wyliczenia poprzez funkcję logiczną XOR.
 - Jeśli awarii ulegnie dysk z danymi, to po wymianie tego dysku na sprawny dane zostaną odbudowane na podstawie sum kontrolnych i działającego dysku.
 - Jeśli uszkodzeniu ulegnie dysk z sumami kontrolnymi, to po jego wymianie odbudowany zostanie on na podstawie działających dwóch dysków z danymi.

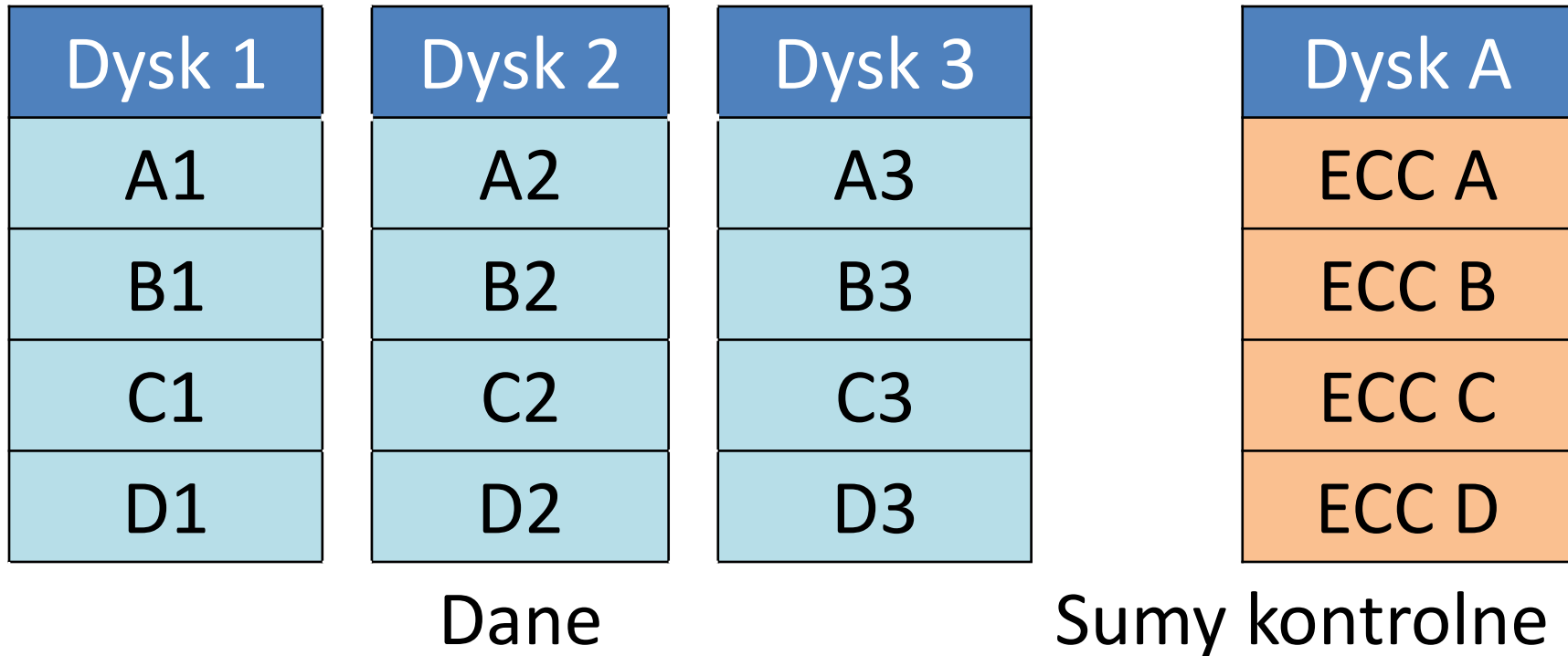
RAID 3

- Korzyści:
 - odporność na awarię 1 dysku
 - zwiększona szybkość odczytu
- Wady:
 - zmniejszona szybkość zapisu z powodu konieczności kalkulowania sum kontrolnych (eliminowana poprzez zastosowanie sprzętowych kontrolerów RAID)
 - w przypadku awarii dysku dostęp do danych jest spowolniony z powodu obliczeń sum kontrolnych
 - odbudowa macierzy po wymianie dysku jest operacją kosztowną obliczeniowo i powoduje spowolnienie operacji odczytu i zapisu
 - pojedynczy, wydzielony dysk na sumy kontrolne zazwyczaj jest wąskim gardłem w wydajności całej macierzy
- **Zastosowanie RAID 3**
- RAID 3 może zwiększyć szybkość w wyniku równoległych odwołań tylko podczas odczytu dużych plików, więc to rozwiązanie stosuje się głównie do przetwarzania dużych, powiązanych ilości danych w pojedynczych komputerach. Typowe zastosowania to CAD/CAM i obróbka wideo.

RAID 4

- RAID 4 jest bardzo zbliżony do RAID 3, z tą różnicą, że dane są dzielone na większe bloki (16, 32, 64 lub 128 kB). Takie pakiety zapisywane są na dyskach podobnie do rozwiązania RAID 0.
 - Dla każdego rzędu zapisywanych danych blok parzystości zapisywany jest na dysku parzystości.
- Przy uszkodzeniu dysku dane mogą być odtworzone przez odpowiednie operacje matematyczne. Parametry RAID 4 są bardzo dobre dla sekwencyjnego zapisu i odczytu danych (operacje na bardzo dużych plikach).
- Jednorazowy zapis małej porcji danych potrzebuje modyfikacji odpowiednich bloków parzystości dla każdej operacji I/O. W efekcie, za każdym razem przy zapisie danych system czekałby na modyfikacje bloków parzystości, co przy częstych operacjach zapisu bardzo spowolniłoby pracę systemu.

RAID 4



- Sumy te powstają z wyliczeń matematycznych.

RAID 4

- Korzyści:
 - odporność na awarię 1 dysku
 - zwiększona szybkość odczytu
- Wady:
 - odbudowa macierzy po wymianie dysku jest operacją kosztowną obliczeniowo i powoduje spowolnienie operacji odczytu i zapisu
 - pojedynczy, wydzielony dysk na sumy kontrolne zazwyczaj jest wąskim gardłem w wydajności całej macierzy
 - Szybkość zapisu mniejsza niż w RAID 3
- **Zastosowanie RAID 4**
- RAID 4 może zwiększyć szybkość w wyniku równoległych odwołań tylko podczas odczytu dużych plików, więc to rozwiązanie stosuje się głównie do przetwarzania dużych, powiązanych ilości danych w pojedynczych komputerach.
- Typowe zastosowania to CAD/CAM i obróbka wideo.

RAID 5

- W RAID 5 bity parzystości są rozpraszane po całej strukturze macierzy.
- RAID 5 umożliwia odzyskanie danych w razie awarii jednego z dysków przy wykorzystaniu danych i kodów korekcyjnych zapisanych na pozostałych dyskach (zamiast tak jak w 3. na jednym specjalnie do tego przeznaczonym, co nieznacznie zmniejsza koszty i daje lepsze gwarancje bezpieczeństwa).
- RAID 5 oferuje większą prędkość odczytu niż mirroring ale przy jego zastosowaniu nieznacznie spada prędkość zapisu. Poziom piąty jest całkowicie bezpieczny dla danych - w razie awarii system automatycznie odbuduje utracone dane, tak by mogły być odczytywane, zmniejszając jednak bieżącą wydajność macierzy. Spowolnienie jest chwilowe. Po zamontowaniu nowego dysku i odtworzeniu danych wydajność macierzy wraca do normy.
- Macierz składa się z 3 lub więcej dysków. Przy macierzy liczącej N dysków jej objętość wynosi $N - 1$ dysków. Przy łączeniu dysków o różnej pojemności otrzymujemy objętość najmniejszego dysku razy $N - 1$. Sumy kontrolne danych dzielone są na N części, przy czym każda część składowana jest na innym dysku, a wyliczana jest z odpowiedniego fragmentu danych składowanych na pozostałych $N-1$ dyskach.

RAID 5

Dysk 1	Dysk 2	Dysk 3	Dysk 4
A1	A2	A3	ECC A
B1	B2	ECC B	B3
C1	ECC C	C2	C3
ECC D	D1	D2	D3

Dane i Sumy kontrolne

- Sumy te powstają z wyliczeń matematycznych.

RAID 5

- **Korzyści:**
 - odporność na awarię jednego dysku
 - zwiększona szybkość odczytu - porównywalna do macierzy RAID 0 złożonej z N-1 dysków
- **Wady:**
 - zmniejszona szybkość zapisu z powodu konieczności kalkulowania sum kontrolnych (eliminowana poprzez zastosowanie sprzętowego kontrolera RAID5)
 - w przypadku awarii dysku dostęp do danych jest spowolniony z powodu obliczeń sum kontrolnych
 - odbudowa macierzy po wymianie dysku jest operacją kosztowną obliczeniowo i powoduje spowolnienie operacji odczytu i zapisu
- **Zastosowanie RAID 5**
- Operacje zapisu są w RAID 5 w dużej mierze równoległe, a obciążenie mechaniczne rozkłada się równomiernie na wszystkie dyski, gdyż żaden z nich nie ma specjalnego statusu dysku parzystości.
- Rozdział danych na wszystkie napędy daje korzyści w postaci dobrej wydajności odczytu, co jest szczególnie ważne przy odwołaniach do wielu małych bloków danych. Z tego powodu macierz RAID 5 jest stosowana zwłaszcza w systemach bazodanowych i serwerach transakcyjnych.
- RAID 5 dobrze łączy się z RAID 0 – takie połączenie określa się jako RAID 0+5 lub RAID 50. RAID 0+5 oferuje równie dobrą wydajność, a jednocześnie gwarantuje większą odporność na awarie niż RAID 5

RAID 5

- Macierz RAID 5 pozwala skorzystać z ilości miejsca, która jest równa pojemności najmniejszego nośnika pomnożonej przez liczbę dysków minus 1.
- Przykład
- W systemie jest 5 dysków o pojemnościach 3 TB, 4 TB, 4 TB, 4,5 TB, 6TB.
- Najmniejszy dysk to 3 TB, więc pojemność dostępna to $3 \text{ TB} * (5-1) = 3 \text{ TB} * 4 = 12 \text{ TB}$.

RAID 6

- Rozbudowana macierz typu 5 (często pojawia się zapis RAID 5+1). Zawiera dwie niezależne sumy kontrolne. Kosztowna w implementacji, ale dająca bardzo wysokie bezpieczeństwo.
 - W systemach RAID 3 do 5 dopuszczalna jest awaria tylko jednego dysku, gdyż w przeciwnym razie nie da się zrekonstruować danych za pomocą operacji XOR.
- RAID 6 obchodzi to ograniczenie, uzupełniając RAID 5 o dodatkowy dysk parzystości. W ten sposób dane można odzyskać nawet po awarii dwóch dysków, jednak dodatkowe bezpieczeństwo okupione jest spowolnieniem zapisu w porównaniu z RAID 3 do 5.

RAID 6

Dysk 1	Dysk 2	Dysk 3	Dysk 4	Dysk 5
A1	A2	A3	ECC A ₁	ECC A ₂
B1	B2	ECC B ₁	ECC B ₂	B3
C1	ECC C ₁	ECC C ₂	C2	C3
ECC D ₁	ECC D ₂	D1	D2	D3

Dane i Sumy kontrolne

- Sumy te powstają z wyliczeń matematycznych.

RAID 6

- Korzyści:
 - odporność na awarię maksimum 2 dysków
 - szybkość pracy większa niż szybkość pojedynczego dysku
 - ekstremalnie wysokie bezpieczeństwo.
 - Korzystny dla macierzy wielu dysków
- Wady
 - Zapis trwa znacznie dłużej niż w RAID 3, 4, 5
 - Duży procent powierzchni dysków jest zajmowany przez sumy kontrolne (istotne dla niewielkiej liczby dysków).
- **Zastosowanie RAID 6**
- Rozwiązanie zapewnia bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa – stąd jest stosowany w bazach danych i układach kontrolnych, gdzie są wymagane dodatkowe sumy kontrolne.

RAID 7

- Poziom 7 nie jest standardem – stanowi wizytówkę firmy Storage Computer Systems. Konfiguracja ta łączy koncepcje poziomu 3 i 4 a opiera się na zastosowaniu wymyślnego kontrolera z pamięcią podręczną o dużej pojemności.
- Jej producent, firma Storage Computer, stosuje w kontrolerze dodatkowy, lokalny system operacyjny, działający w czasie rzeczywistym.
 - Szybkie magistrale danych i duże pamięci buforowe odciążają właściwą magistralę napędów.
 - Technika ta znacząco przyśpiesza zapis i odczyt w porównaniu z innymi wariantami RAID.
 - Ponadto, podobnie jak w RAID 6, można rozłożyć dane parzystości na wiele dysków.

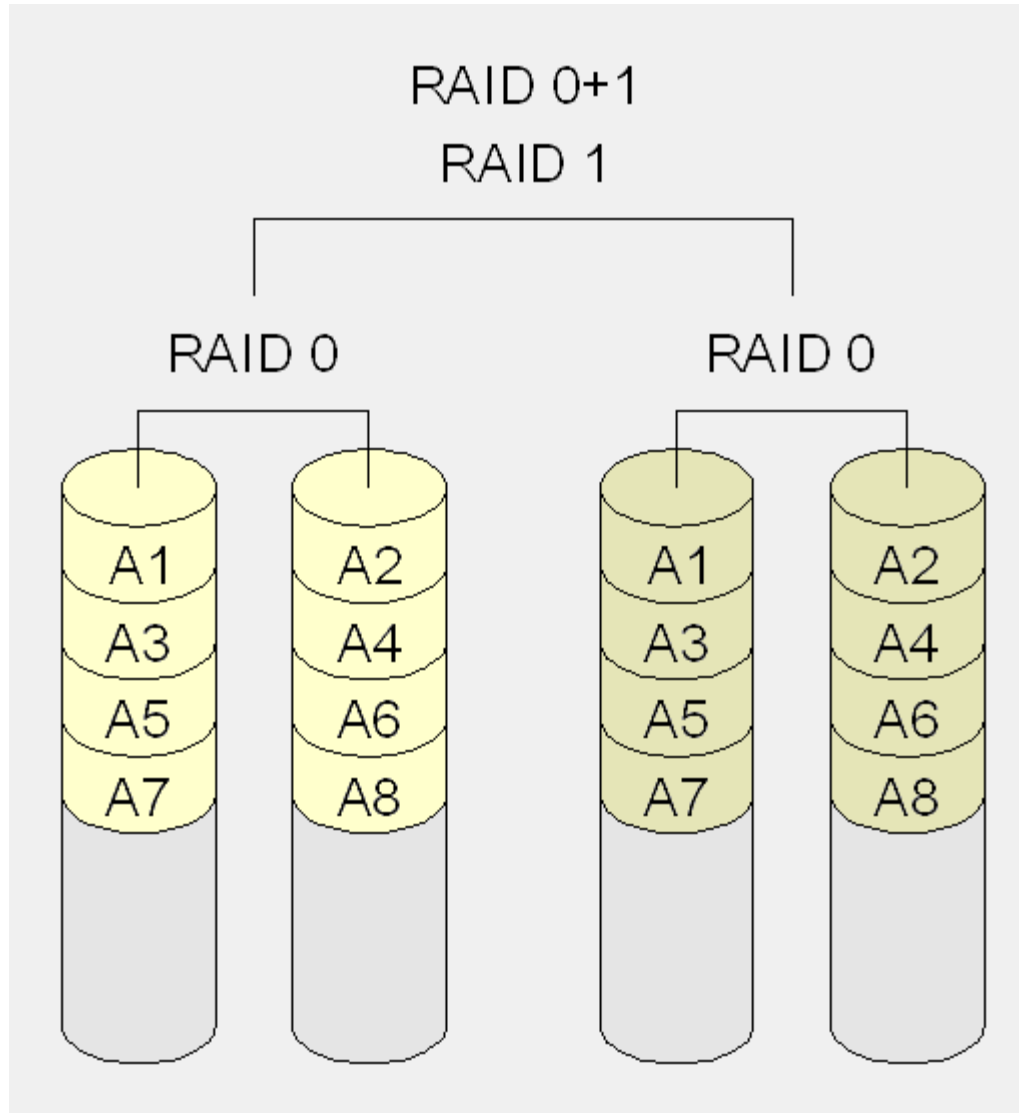
Odmiany hybrydowe

- RAID 0 + 1
- RAID 1 + 0
- Matrix RAID

RAID 0+1

- Macierz realizowana jako RAID 1, którego elementami są macierze RAID 0.
- Macierz taka posiada zarówno zalety macierzy RAID 0 - szybkość w operacjach zapisu i odczytu - jak i macierzy RAID 1 - zabezpieczenie danych w przypadku awarii pojedynczego dysku.
- Pojedyncza awaria dysku powoduje, że całość staje się w praktyce RAID 0. Potrzebne są minimum 4 dyski o tej samej pojemności. Wymagana jest parzysta ilość dysków.
- Korzyści:
 - szybkość macierzy RAID 0
 - bezpieczeństwo macierzy RAID 1 - w szczególnym wypadku nawet większa (awaria więcej niż jednego dysku tego samego mirrora)
 - znacznie prostsza w implementacji niż RAID 3, 5 i 6
- Wady:
 - większy koszt przechowywania danych niż w przypadku RAID 0,2,3,4,5,6

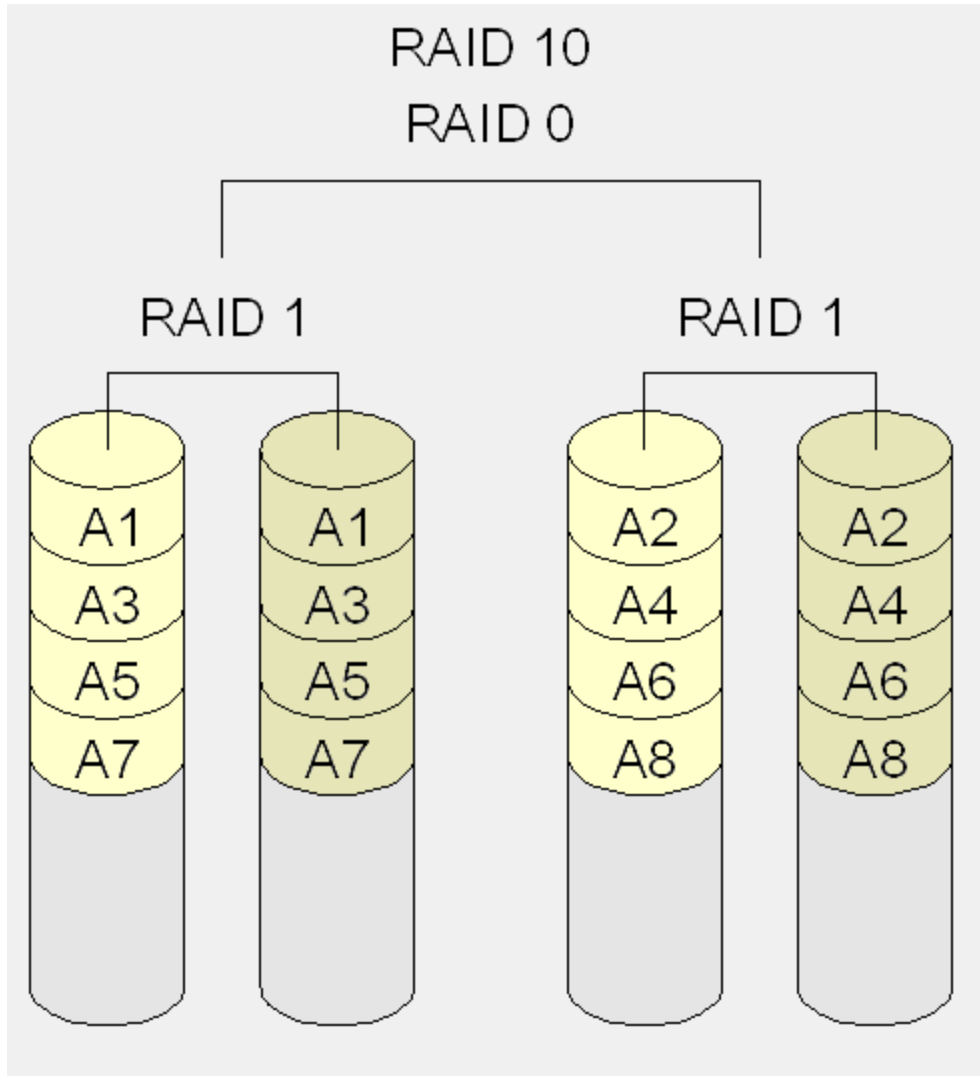
RAID 0+1



RAID 1+0

- Nazywana także RAID 10. Macierz realizowana jako RAID 0, którego elementami są macierze RAID 1. Wymagana jest parzysta ilość dysków.
- W porównaniu do swojego poprzednika (RAID 0+1) realizuje tę samą koncepcję połączenia zalet RAID 0 (szybkość) i RAID 1 (bezpieczeństwo) lecz w odmienny sposób.
- Tworzony jest duży stripe małych mirrorów, dzięki czemu podczas wymiany uszkodzonego dysku odbudowywany jest tylko fragment całej macierzy.
- Korzyści:
 - szybkość macierzy RAID 0
 - bezpieczeństwo macierzy RAID 1 - w szczególnym wypadku nawet większa (awaria więcej niż jednego dysku **różnych** mirrorów)
 - znacznie prostsza w implementacji niż RAID 3, 5 i 6
- Wady:
 - większy koszt przechowywania danych niż w przypadku RAID 0,2,3,4,5,6

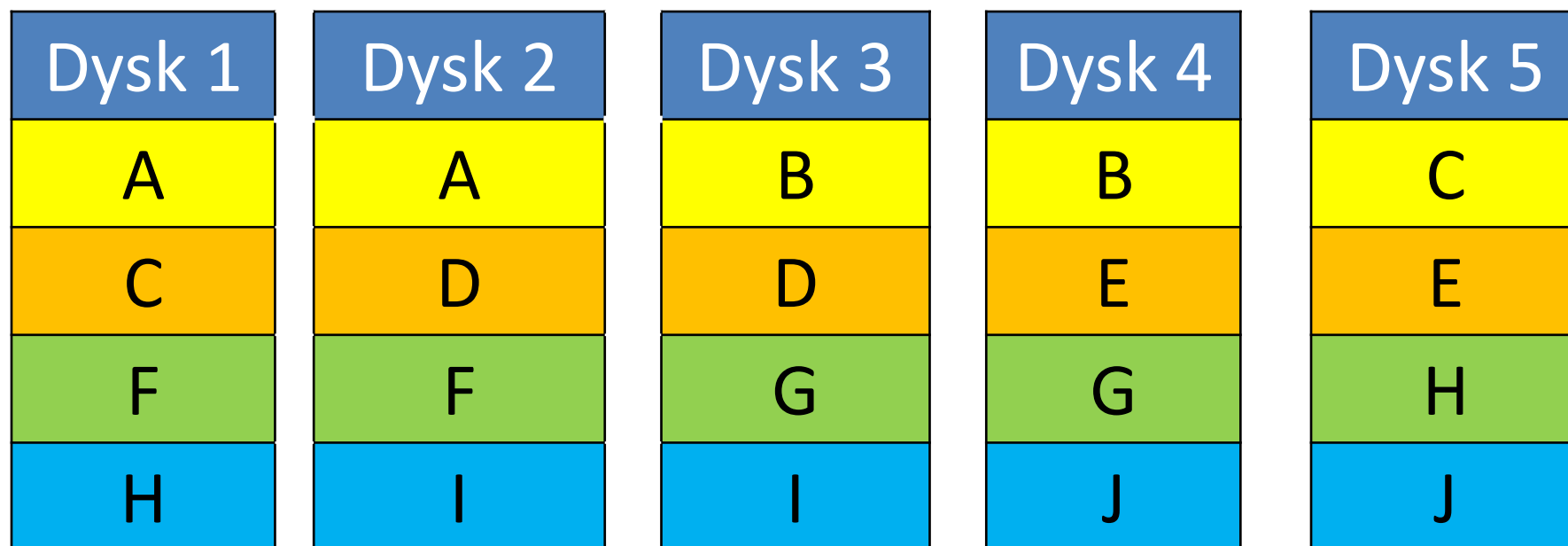
RAID 1+0



RAID 1E

- RAID 1E to typ macierzy RAID, który wykorzystuje dublowanie dwukierunkowe na co najmniej dwóch dyskach.
 - Jest podobny do poziomemu RAID 1, rozszerza jego możliwości, obsługując więcej dysków fizycznych.
 - RAID 1E jest również znany jako paskowe odbicie lustrzane, rozszerzony mirroring lub hybrydowe odbicie lustrzane.
 - Zapewnia większą redundancję i wydajność niż RAID 1.
- Poziom RAID 1E łączy ze sobą mirroring dysków i możliwości stripingu danych na jednym poziomie.
 - Dane są rozłożone we wszystkich dyskach w tablicy.
- RAID 1E wymaga co najmniej trzech napędów i może obsługiwać do 16 dysków.
- RAID 1E wykorzystuje tylko połowę pojemności tablicy, która ma być użyta.
- Jeśli któryś z napędów się uszkodzi, operacje odczytu/zapisu są przenoszone na inne dyski w macierzy.

RAID 1E



- Jeśli jeden dysk ulega awarii, to macierz może korzystać z danych na sąsiednich dyskach. Teoretycznie można stracić wiele dysków w macierzy RAID 1E, o ile dyski nie są sąsiadujące. Na powyższym przykładzie można stracić 2 z 5 dysków (40%) i macierz mogłaby dalej pracować.

RAID 1E

- Korzyści:
 - odporność na awarię blisko połowy dysków, jeśli nie są sąsiadujące
 - szybkość pracy większa niż szybkość pojedynczego dysku
 - ekstremalnie wysokie bezpieczeństwo.
 - Korzystny dla macierzy wielu dysków
- Wady
 - Zapis trwa znacznie dłużej niż w RAID 0, 1
 - Do dyspozycji jest tylko 50 % pojemności wszystkich dysków macierzy
 - niski poziom wsparcia producentów kontrolerów.
- **Zastosowanie RAID 1E**
- Rozwiązanie zapewnia bardzo wysoki poziom bezpieczeństwa – stąd jest stosowany w bazach danych i układach kontrolnych, gdzie jest wymagany wysoki poziom bezpieczeństwa i odporności na awarie.

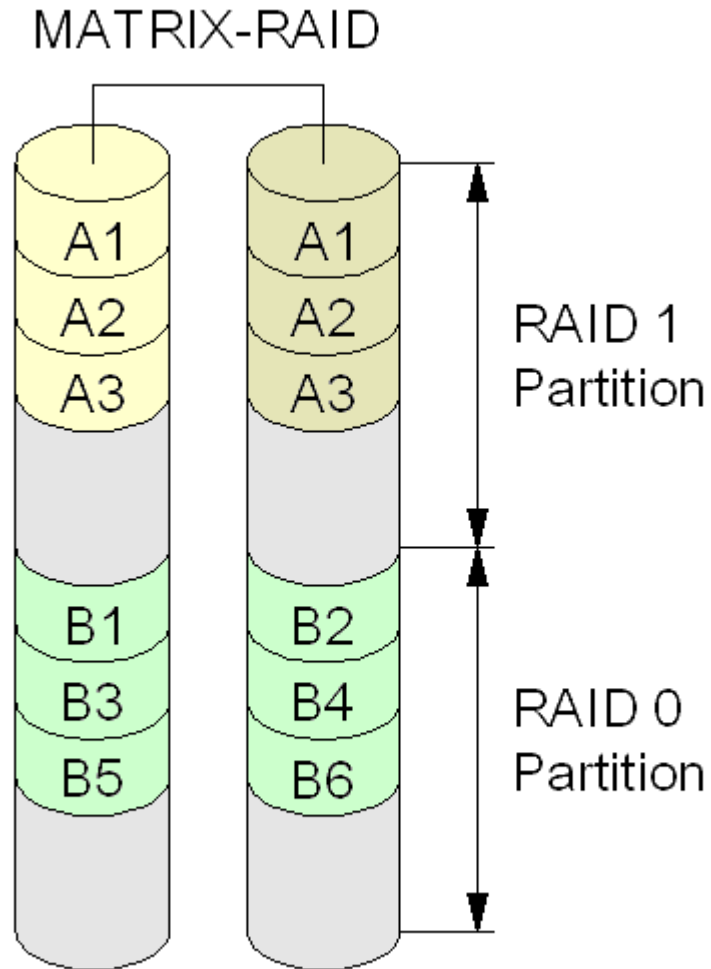
Matrix RAID

- Dwa dyski fizyczne łączone są ze sobą tak, aby część dysku działała jak RAID 0 (*striping*), a inna część jak RAID 1 (*mirroring*).
- Tworzy się układy RAID na poziomie logicznych partycji dyskowych, niezależnie dla każdej z partycji.
- Korzyści:
 - ważne pliki, takie jak dokumenty czy informacje systemowe, mogą być duplikowane na obu dyskach (np. katalogi **/home**, **/var** w Linuksie czy **C:\Documents and Settings** w Windowsie);
 - mniej istotne dane, na których często wykonywane są operacje dyskowe, pliki i biblioteki systemu operacyjnego (np. **/usr**, **C:\WINDOWS**), pliki wykonywalne bądź biblioteki zainstalowanych aplikacji (np. **/usr**, **C:\Program Files**), pliki/partycje wymiany, mogą być wykonywane ze zwiększoną szybkością.
- Wady:
 - częściowy spadek pojemności (część *mirrorowana*);
 - część danych jest podatna na awarię (część w *stripingu*).

Matrix RAID

- **Przykład**
- Dwa identyczne dyski 10 GB zostały połączone w Matrix RAID.
 - Utworzono na nich dwie partycje – każda zajmuje połowę każdego dysku.
 - Pierwsza polega na dzieleniu danych (*striping*) i ma pojemność 10 GB, druga polega na duplikowaniu (*mirroring*) ma 5 GB.
- **Charakterystyka**
 - Pierwsza z nich charakteryzuje się teoretycznie dwukrotną prędkością wykonywania na niej operacji zarówno przy odczycie, jak i zapisie danych.
 - Druga zaś gwarantuje bezpieczeństwo danych w razie awarii jednego z dysków, podwójną prędkość odczytu oraz pojedynczą prędkość zapisu.

Matrix RAID



ROZWIĄZANIA NIE-RAID

JBOD

JBOD

- Nazwa tej konfiguracji to akronim od angielskiego określenia **Just a Bunch of Driver**.
- To standardowa obsługa dysków twardych przy pomocy kontrolera macierzowego, który pełni rolę najzwyklejszego kontrolera dysków twardych.
- Każdy z dysków obsługiwany jest oddzielnie jako pojedynczy napęd logiczny.
- Nie ma żadnych zabezpieczeń, dane nie są nadmiarowo zapisywane.

Przykład rozwiązania JBOD

Disk Management

Plik Akcja Wzrost Ułubione Okno Pomoc

Wolumin	Układ	Typ	System plików	Stan	Pojemność	Wolne m...	% wolnego	Odporność na uszk...	Zapas
(G:)	Partycja	Podstaw...	FAT32	Zdrowy	14,73 GB	11,77 GB	79 %	Nie	0%
Dane (F:)	Partycja	Podstaw...	NTFS	Zdrowy	125,72 GB	27,80 GB	22 %	Nie	0%
FREEDOS (H:)	Partycja	Podstaw...	FAT32	Zdrowy	7,79 GB	6,68 GB	85 %	Nie	0%
Rezerwa (E:)	Partycja	Podstaw...	NTFS	Zdrowy	19,53 GB	16,70 GB	85 %	Nie	0%
System (C:)	Partycja	Podstaw...	NTFS	Zdrowy (S...	100,01 GB	90,95 GB	90 %	Nie	0%
TOSHIBA EXT (M:)	Partycja	Podstaw...	NTFS	Zdrowy (A...	931,51 GB	709,61 GB	76 %	Nie	0%
XP (I:)	Partycja	Podstaw...	NTFS	Zdrowy (R...	43,46 GB	15,58 GB	35 %	Nie	0%
archiwum (D:)	Partycja	Podstaw...	NTFS	Zdrowy	931,51 GB	135,97 GB	14 %	Nie	0%

Dysk 0 Podstawowy 298,08 GB Online	FREEDOS (H:) 7,81 GB FAT32 Zdrowy	System (C:) 100,01 GB NTFS Zdrowy (System)	XP (I:) 43,46 GB NTFS Zdrowy (Rozruch)	1,55 GB Zdrowy (Niezn)	Rezerwa (E:) 19,53 GB NTFS Zdrowy	Dane (F:) 125,72 GB NTFS Zdrowy
	Dysk 1 Podstawowy 931,51 GB Online archiwum (D:) 931,51 GB NTFS Zdrowy					
Dysk 2 Podstawowy 931,51 GB Online TOSHIBA EXT (M:) 931,51 GB NTFS Zdrowy (Aktywna)						
Dysk 3 Wymienny 14,73 GB Online (G:) 14,73 GB FAT32 Zdrowy						
CD-ROM 0 DVD (J:) Brak nośnika						

■ Partycja podstawowa
 ■ Partycja rozszerzona
 ■ Dysk logiczny

JBOD

Dysk 1
A1
A2
A3
A4
A5

Dysk 2
B1
B2
B3
B4
B5
B6
B7

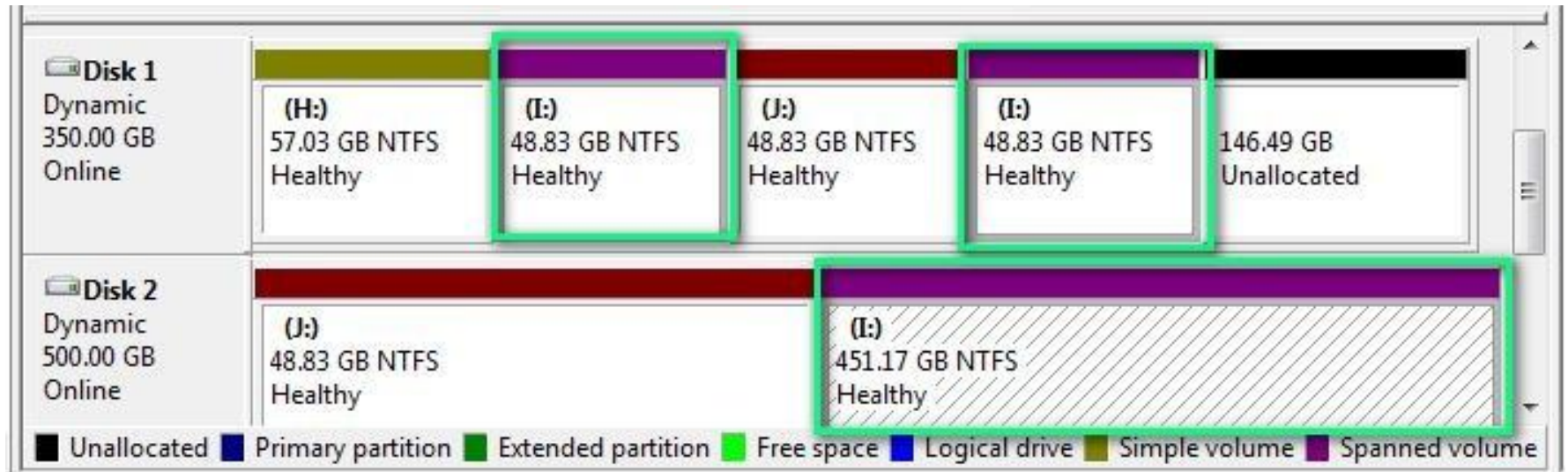
- Korzyści:
 - Dostępna przestrzeń wszystkich dysków
 - Większa odporność na błędy niż w macierzy RAID 0
 - Łatwa konfiguracja i obsługa
- Wady:
 - brak odporności na awarię dysków
 - Szybkość zapisu i odczytu zależna od każdego dysku oddzielnie
 - Brak zalet macierzy RAID

WOLUMIN ŁĄCZONY

Wolumin łączony

- Wolumin łączony to połączenie w jedną przestrzeń logiczną wielu dysków twardych.
 - System operacyjny umożliwia połączenie nawet 32 HDD
 - Dotyczy dysków dynamicznych
 - Metoda dość popularna
 - Dyski mogą mieć różną pojemność
 - Brak odporności na błędy
 - Brak nadmiarowości danych
- Wolumin łączony
 - Dane są zapisywane w danym momencie tylko na jednym fizycznym dysku. Gdy skończy się miejsce, zapis jest kontynuowany na kolejnym dysku, którego przestrzeń wchodzi w skład danego woluminu łączonego. Miejsce przydzielone z wielu dysków dynamicznych
 - System ma większe bezpieczeństwo danych.
 - Możliwość zmniejszenia lub rozszerzenia
 - Nie mogą być dublowane
- Wolumin rozłożony
 - Dane są dzielone na bloki, które następnie są zapisywane w odpowiedniej kolejności na wszystkich dyskach fizycznych należących do danego woluminu (RAID-0).
 - Wyższa wydajność odczytu i zapisu
 - Ilość przydzielonego miejsca z każdego dysku musi być taka sama
 - Brak odporności na błędy
 - Woluminów rozłożonych nie można rozszerzać ani dublować,

Wolumin łączony



- Kilka partycji na różnych dyskach i rozmaicie na nich rozmieszczonych, tworzy jedną logiczną przestrzeń.

Wolumin łączony

Dysk 1
A1
A2
A3
A4
A5

Dysk 2
A6
A7
A8
A9
A10
A11
A12

- Korzyści:
 - Dostępna przestrzeń wszystkich dysków
 - Całość widziana jako jeden dysk
 - Łatwa konfiguracja i obsługa
 - Zwiększenie szybkości odczytu i zapisu
 - Lepsze rozłożenie obciążenia pomiędzy dyskami
- Wady:
 - brak odporności na awarię dysków
 - Szybkość zapisu i odczytu zależna od każdego dysku oddzielnie
 - Brak zalet macierzy RAID

MAID

MAID

- **MAID** to akronim od angielskiego „**massive array of idle drives**” (Wielka Macierz Uśpionych Dysków).
- To architektura składająca się z setek lub tysięcy twardech dysków.
- Dane są przechowywane w technice WORO („Write Once, Read Occasionally”).
 - Zapisujemy raz, czytamy sporadycznie.
- Większość dysków normalnie jest wyłączona. Włączane są dopiero, gdy trzeba z nich odczytać (lub rzadziej zapisać) jakieś dane.
- Taka metoda zużywa mniejszą ilość energii elektrycznej, nie wymaga tak dużego chłodzenia, co przekłada się na niższe koszty ich przechowywania.
- Okupione jest to dłuższym czasem dostępu. Opóźnienie może sięgać dziesiątek sekund.
- Dyski przeznaczone do takich macierzy muszą być odporne na wielokrotne cykle startu/stopu, co przekłada się na ich wyższą cenę.
- Technika przydatna przy archiwizacji danych
- Serwery rzadko używanych informacji



Przykład systemu typu MAID



BIBLIOTEKI TAŚM

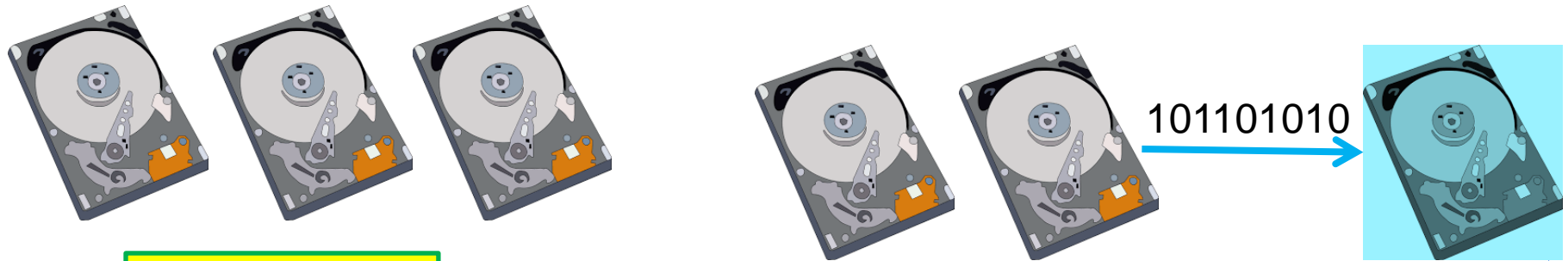


WORO

- Dane są przechowywane w bibliotece taśm.
- Ramię robota wyszukuje odpowiednie dane i przenosi je do czytnika taśm.
- Wysokość biblioteki danych to około 180 cm.

TRYBY PRACY MACIERZY RAID

Tryby pracy macierzy RAID



Optima

Normalna praca dysków twardych

Rebuild

Proces naprawy danych poprzez system. Naprawa lub zastąpienie wadliwego dysku sprawnym.

Dead

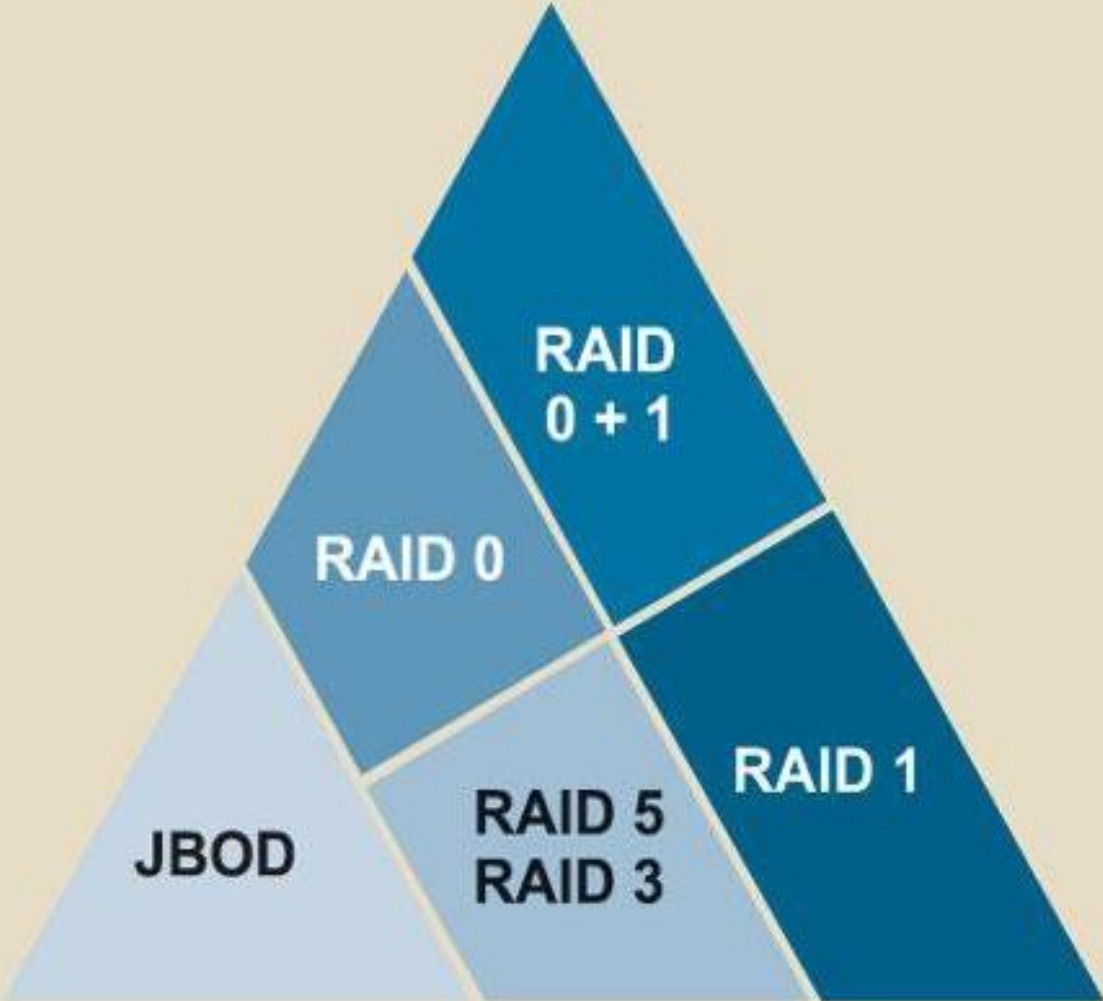
System nie pracuje. Uszkodzone wszystkie dyski fizyczne. Brak możliwości odtworzenia danych

Degraded

Prawidłowa praca macierzy, ale część dysków twardych uległa awarii

	Minimalna liczba dysków	Ilość dostępnego miejsca	Maksymalna liczba dysków, które mogą ulec awarii bez utraty danych
RAID 0	2	N	0
RAID 1	2	1	N-1
RAID 2	2	$N - \log N$	1
RAID 3	2	N-1	1
RAID 4	2	N-1	1
RAID 5	2	N-1	1
RAID 6	2	N-2	2
RAID 1+0	$4+N*2$	$N/2$	1
RAID 0+1	$4+N*2$	N_0	1
RAID 1E	3	$N/2$	$(N-1)/2$

Najwyższa wydajność



RAID 0 + 1

RAID 0

RAID 1

JBOD

RAID 5
RAID 3

Najmniejsze koszty

Najwyższa dostępność

RAID A KOPIA ZAPASOWA

Czy RAID to kopia zapasowa?

- Problem istotny przy macierzach nadmiarowych
- Nadmiarowa macierz RAID to nie kopia zapasowa.
 - Kopia zapasowa to pełny zrzut danych, który nie ulega już dalszym zmianom
 - Można przywrócić dane w późniejszym okresie w przypadku ich uszkodzenia
- Nadmiarowa macierz RAID ma za zadanie chronić przed awariami dysków twardych.
 - Chroni przed awarią dysku - nie przed uszkodzeniem danych
 - Pozwala na odtworzenie danych w aktualnej postaci
 - Nie ma możliwości przywrócenia uszkodzonych plików, czy projektów.
- Nigdy nie można zrezygnować z tworzenia kopii zapasowych.



Podsumowanie

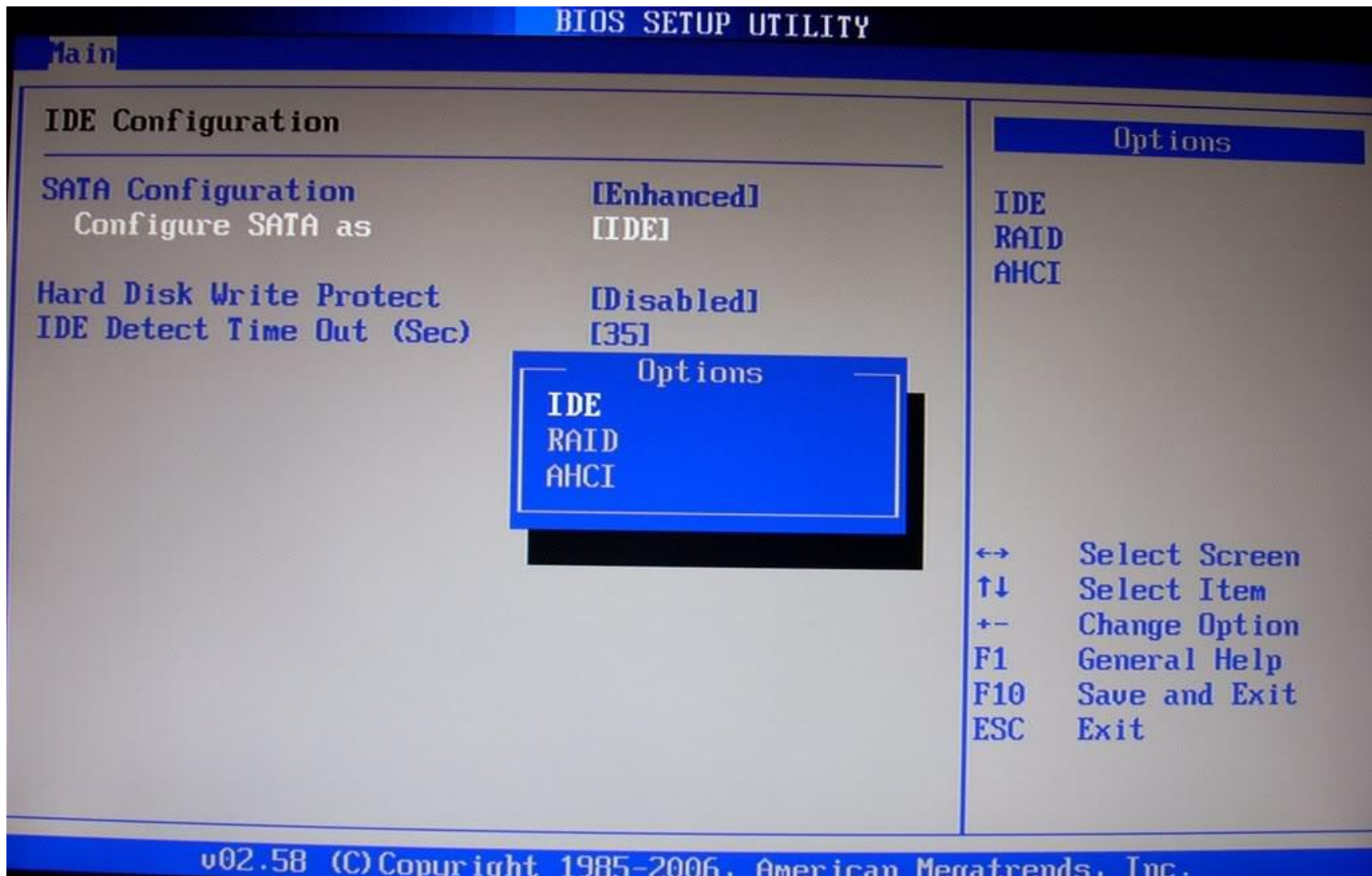
- Macierze nie likwidują niebezpieczeństwa utraty danych.
- Niezawodność bliską całkowitej uzyskują podsystemy pamięci masowych, w których wszystkie komponenty, łącznie z kontrolerem, zasilaczem i wentylatorami, są wykonane nadmiarowo.
- Nieodwracalna utrata danych zdarza się najczęściej nie w wyniku awarii sprzętu, lecz wskutek błędów człowieka. Nawet najbezpieczniejsza macierz nie pomoże odzyskać usuniętych lub uszkodzonych plików.
- Nawet gdy dysponuje się najbardziej wyrafinowaną macierzą RAID, należy pamiętać o podstawowej zasadzie - naprawdę skuteczna ochrona przed utratą danych to regularne wykonywanie dobrze zaplanowanych kopii bezpieczeństwa

BIOS a RAID

BIOS i RAID

The screenshot displays the BIOS Setup Utility interface. At the top, a blue bar contains the text "BIOS SETUP UTILITY". Below this, a sub-menu "Advanced" is selected. The main area is divided into two columns. The left column, titled "IDE Configuration", contains the following items: "Serial-ATA Devices [Disabled]", "nVidia RAID Setup" (indicated by a blue arrow), "Hard Disk Write Protect", and "IDE Detect Time Out (Sec)". A small "Options" menu is overlaid on the "IDE Detect Time Out (Sec)" item, listing "Disabled", "Device 0", "Device 0/1", and "Device 0/1/2". The right column, titled "Options", lists "Disabled", "Device 0", "Device 0/1", and "Device 0/1/2". At the bottom right, a legend defines navigation keys: left arrow for "Select Screen", up/down arrows for "Select Item", plus/minus for "Change Option", F1 for "General Help", F10 for "Save and Exit", and ESC for "Exit". A blue footer bar at the bottom contains the text "v02.61 (C) Copyright 1985-2006, American Megatrends, Inc."

BIOS i tryby dysku SATA



Koniec



A raczej UFF!