

Systemy operacyjne

Urządzenia wejścia-wyjścia

Dariusz Wawrzyniak



Systemy operacyjne



Plan wykładu

- Klasyfikacja urządzeń wejścia-wyjścia
- Struktura mechanizmu wejścia-wyjścia (sprzętu i oprogramowania)
- Interakcja jednostki centralnej z urządzeniami wejścia-wyjścia
 - odpytywanie
 - sterowanie przerwami
 - bezpośredni dostęp do pamięci
- Buforowanie, przechowywanie podręczne i spooling
- Wirtualne wejście-wyjście

Urządzenia wejścia-wyjścia (2)

Systemy operacyjne

**Rodzaje urządzeń wejścia-wyjścia**

- Urządzenia składowania danych (dyski, dyskietki, taśmy, CD ROM, DVD itp.)
- Urządzenia transmisji danych na odległość (karty sieciowe, modemy)
- Urządzenia do komunikacji z człowiekiem (monitory, projektory, klawiatury, myszy, drukarki, skanery itp.)
- Urządzenia specjalizowane
 - układy sterowania (np. elektrownią, samolotem, systemem obrony antyrakietowej itd.)
 - kasy i drukarki fiskalne itp.
 - urządzenia medyczne

Urządzenia wejścia-wyjścia (3)

Systemy operacyjne

**Właściwości urządzeń wejścia-wyjścia ⁽¹⁾**

- Tryb transmisji danych:
 - znakowy — przekazywanie danych odbywa się bajt po bajcie, przykład: port szeregowy
 - blokowy — przekazywanie danych odbywa się w blokach (np. po 512 bajtów), przykład: dysk
- Sposób dostępu do danych:
 - sekwencyjny — dane przekazywane są w określonym porządku, narzuconym przez urządzenie, przykład: karta sieciowa
 - bezpośredni (swobodny) — możliwe jest określenie lokalizacji danych na urządzeniu, przykład: dysk

Urządzenia wejścia-wyjścia (4)

Systemy operacyjne

**Właściwości urządzeń wejścia-wyjścia (2)**

- Tryb pracy urządzenia:
 - synchroniczny — dane zostaną przekazane w znanym z góry (przewidywalnym) czasie, przykład: dysk, karta graficzna
 - asynchroniczny — dane mogą zostać przesłane w dowolnym, trudnym do przewidzenia, momencie, przykład: klawiatura, karta sieciowa
- Tryb użytkowania:
 - współdzielony — dopuszczalne jest współbieżne używanie urządzenia przez wiele procesów, np.: dysk
 - wyłączny — niemożliwe jest współbieżne używanie urządzenia przez wiele procesów, przykład: drukarka

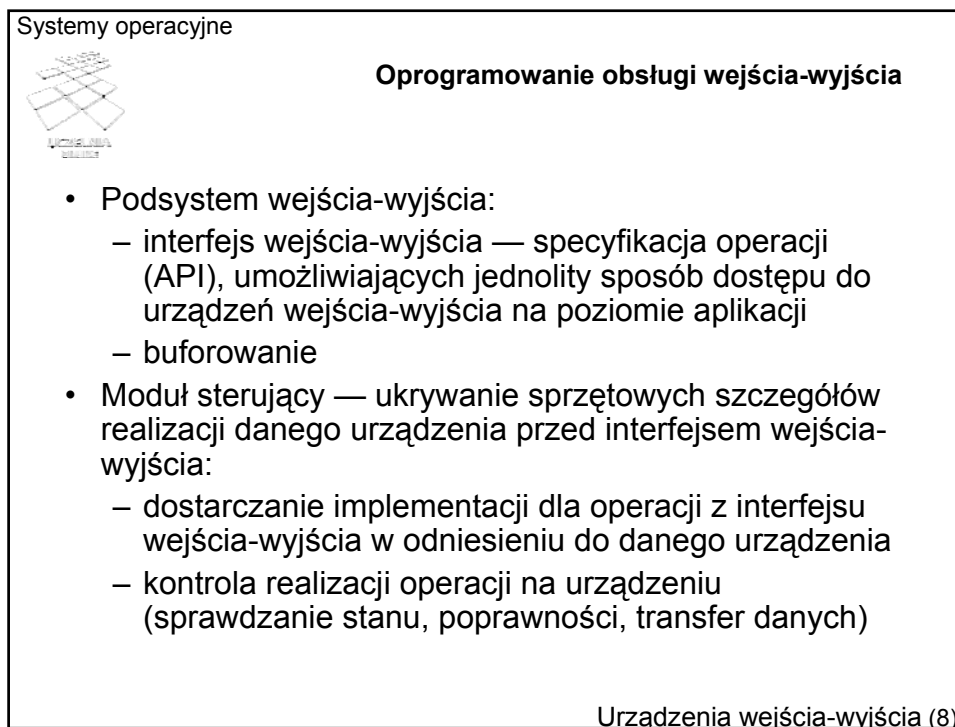
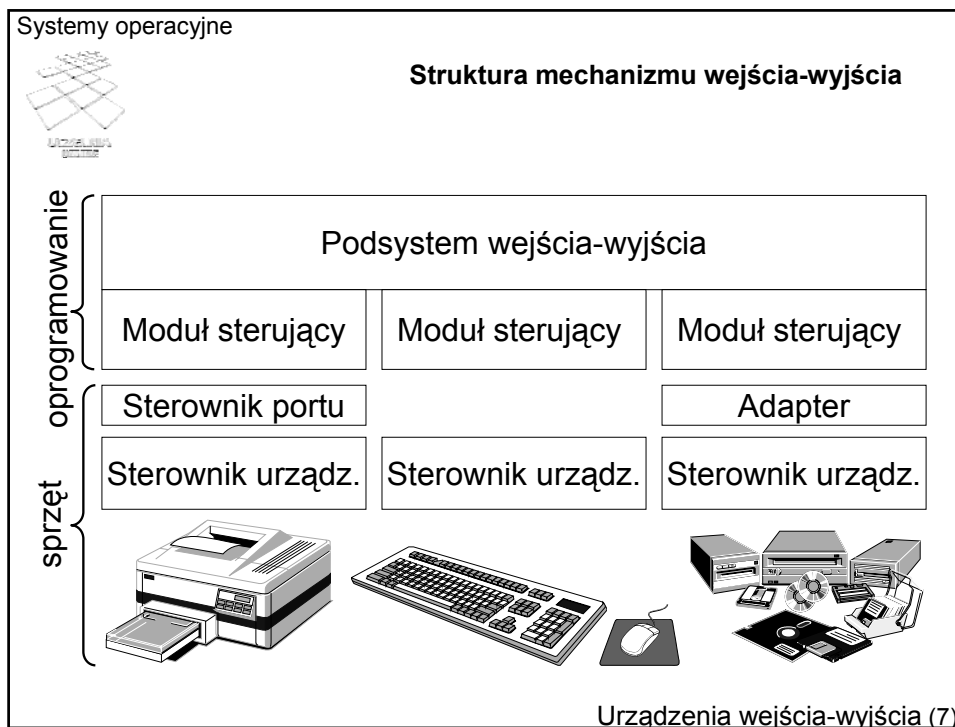
Urządzenia wejścia-wyjścia (5)

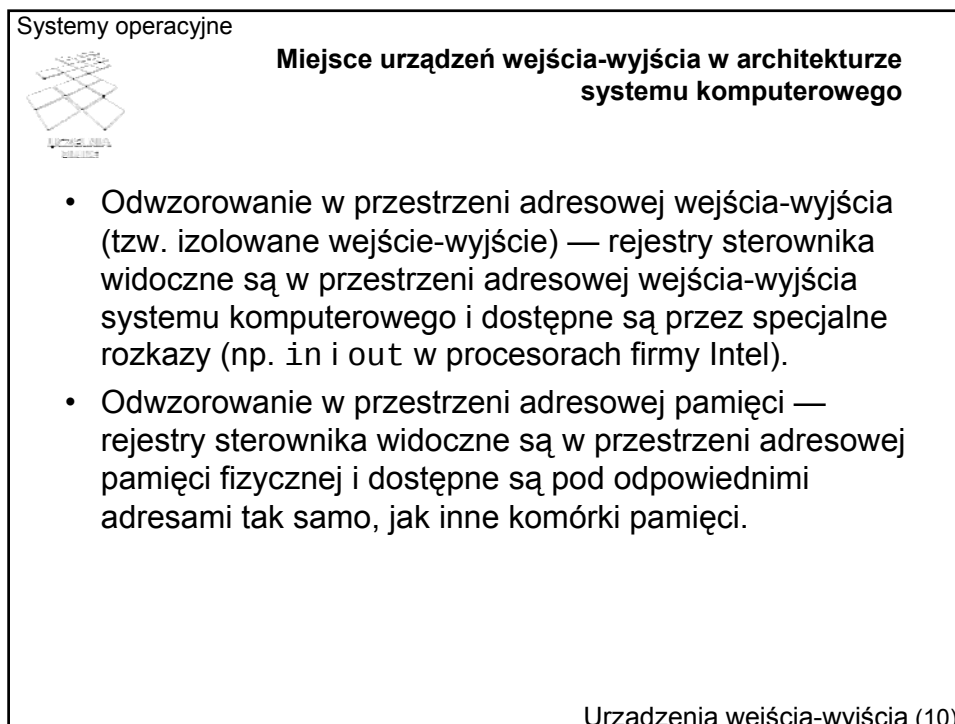
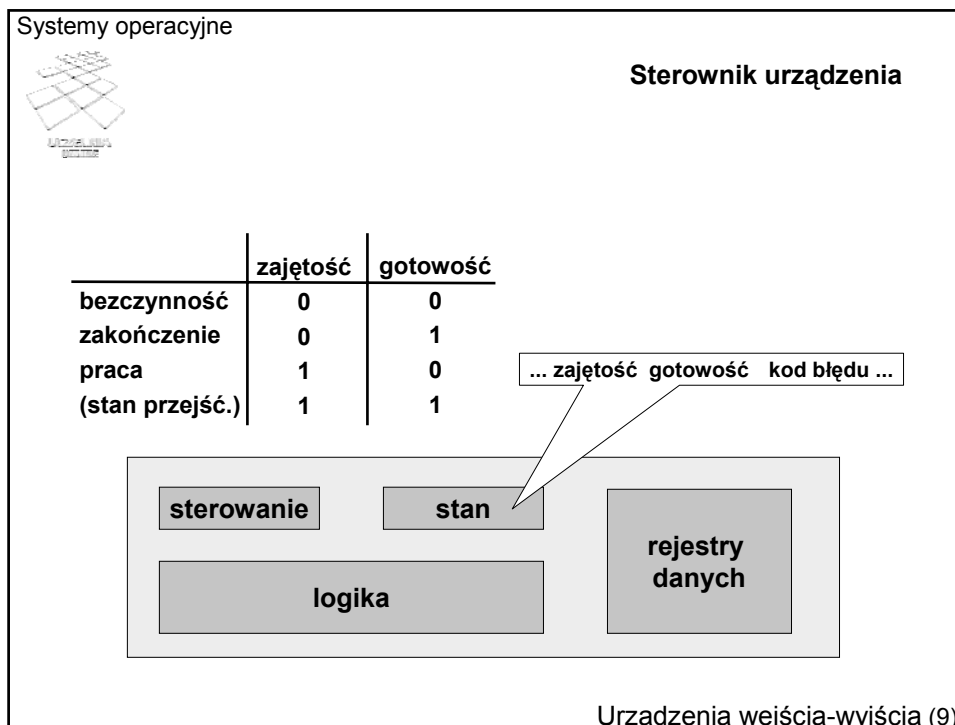
Systemy operacyjne

**Właściwości urządzeń wejścia-wyjścia (3)**

- Szybkość działania (transmisji)
 - od bardzo wolnych, przykład: drukarka
 - do stosunkowo szybkich, przykład: dysk
- Kierunek przekazywania danych
 - urządzenia wejścia i wyjścia — możliwość zarówno zapisu jak i odczytu, przykład dysk, karta sieciowa
 - urządzenia wejścia — tylko możliwość odczytu z urządzenia, przykład: klawiatura
 - urządzenia wyjścia — tylko możliwość zapisu, przykład: drukarka

Urządzenia wejścia-wyjścia (6)





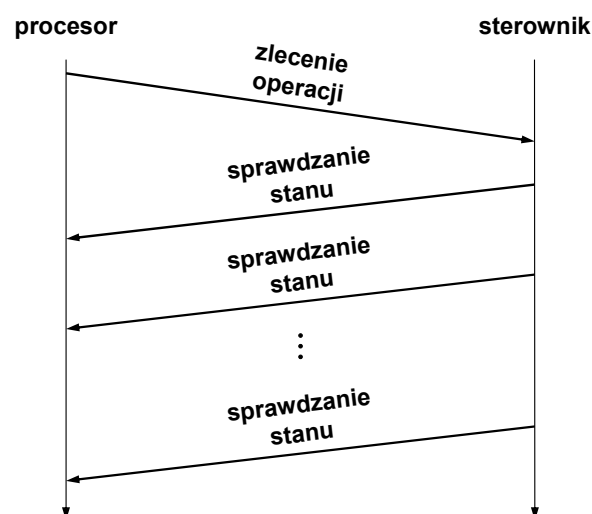
Systemy operacyjne

**Interakcja jednostki centralnej ze sterownikiem urządzenia wejścia-wyjścia**

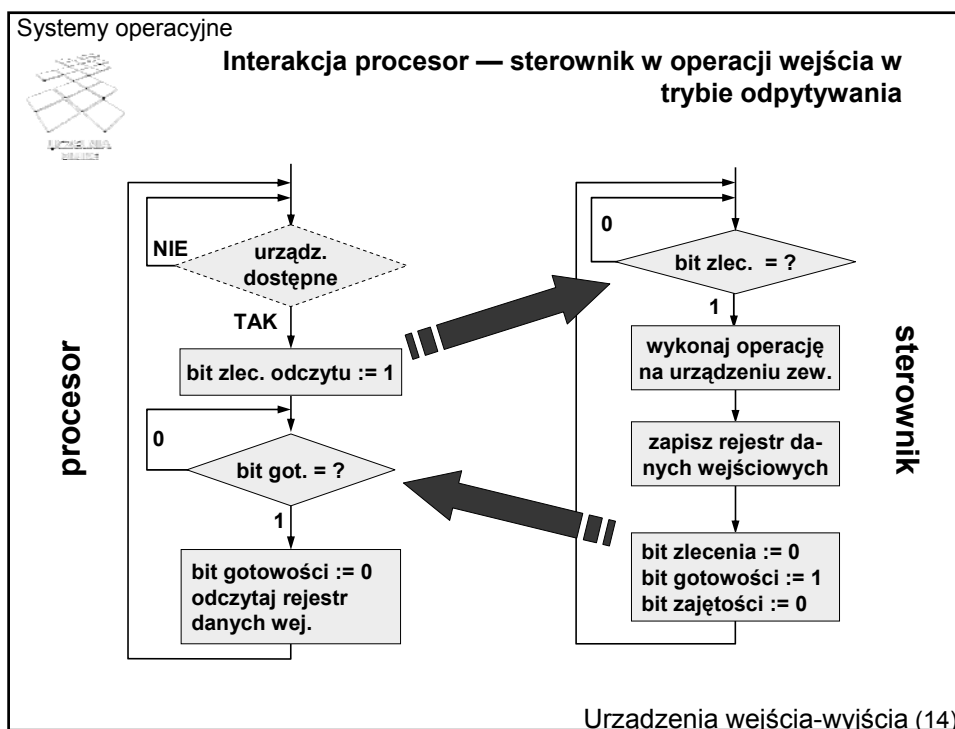
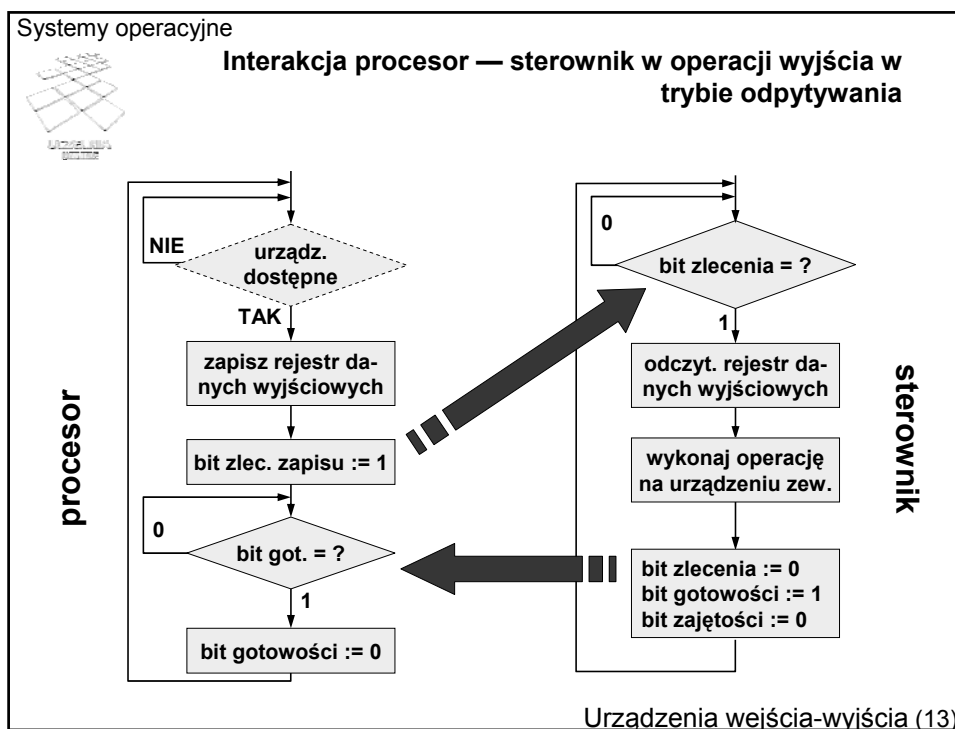
- Odpytywanie (ang. polling) — ciągłe lub okresowe sprawdzanie stanu sterownika
- Sterowanie przerwami (ang. interrupt-driven I/O) — inicjalizacja pracy sterownika przez procesor i obsługa urządzenia po zakończeniu działania w ramach reakcji na przerwanie
- Bezpośredni dostęp do pamięci (ang. direct memory access) — inicjalizacja pracy sterownika przez procesor i uruchomienie układu bezpośredniego dostępu do pamięci w celu realizacji transferu danych pomiędzy sterownikiem a pamięcią

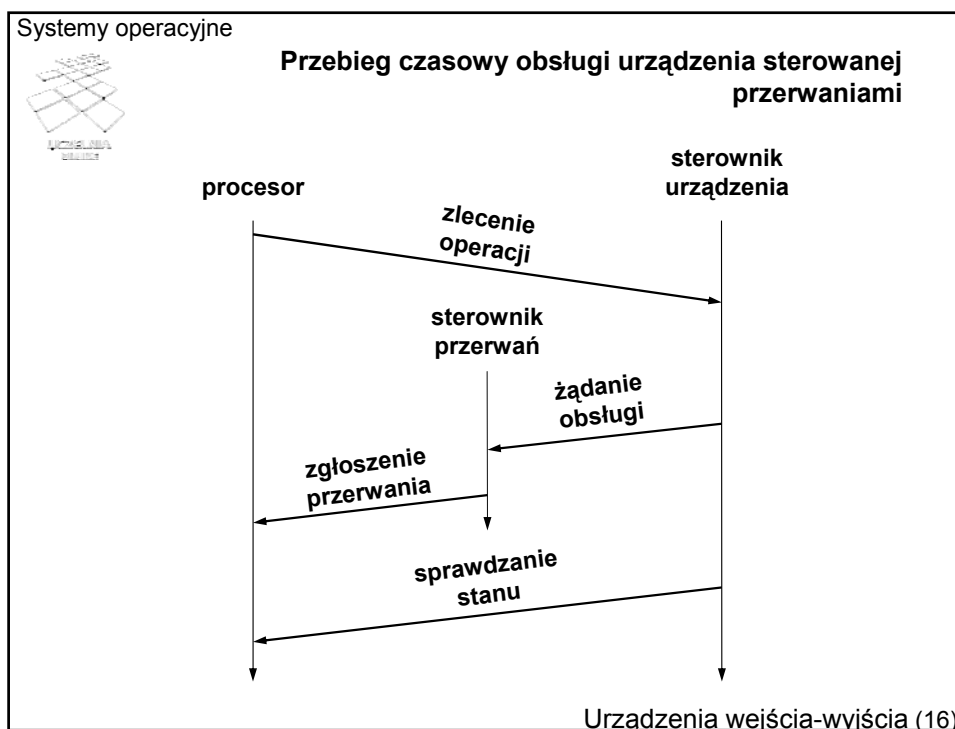
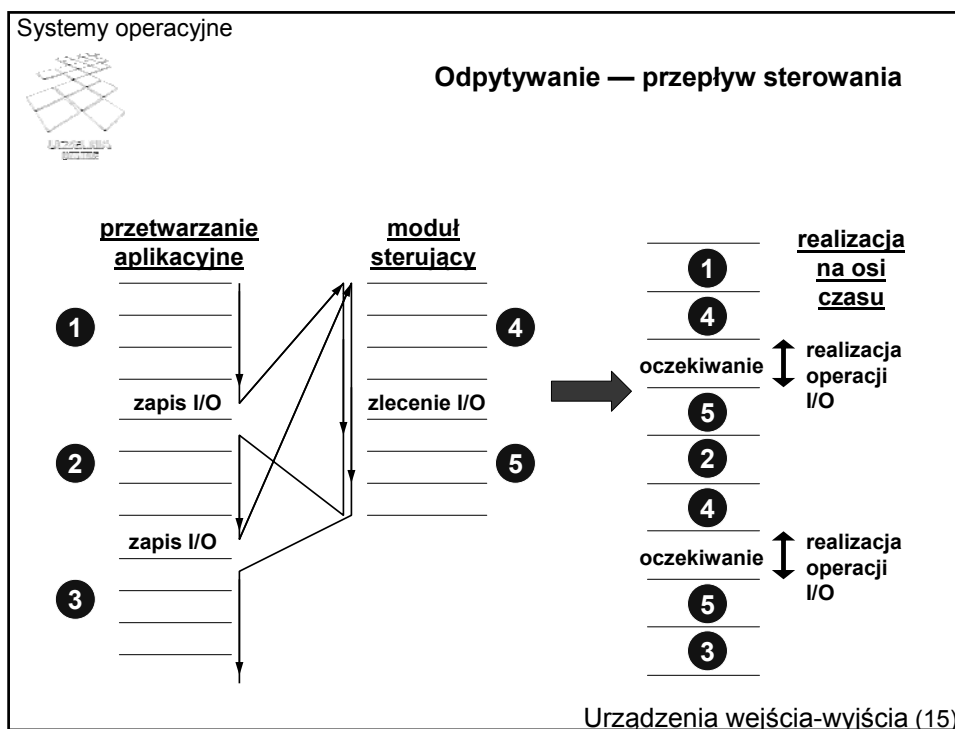
Urządzenia wejścia-wyjścia (11)

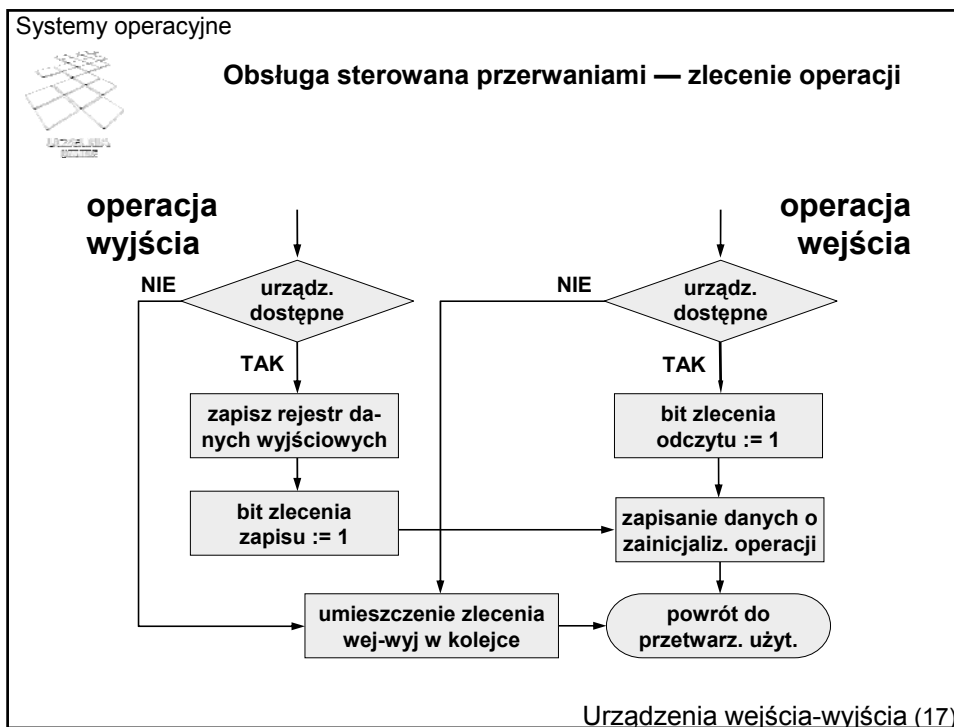
Systemy operacyjne

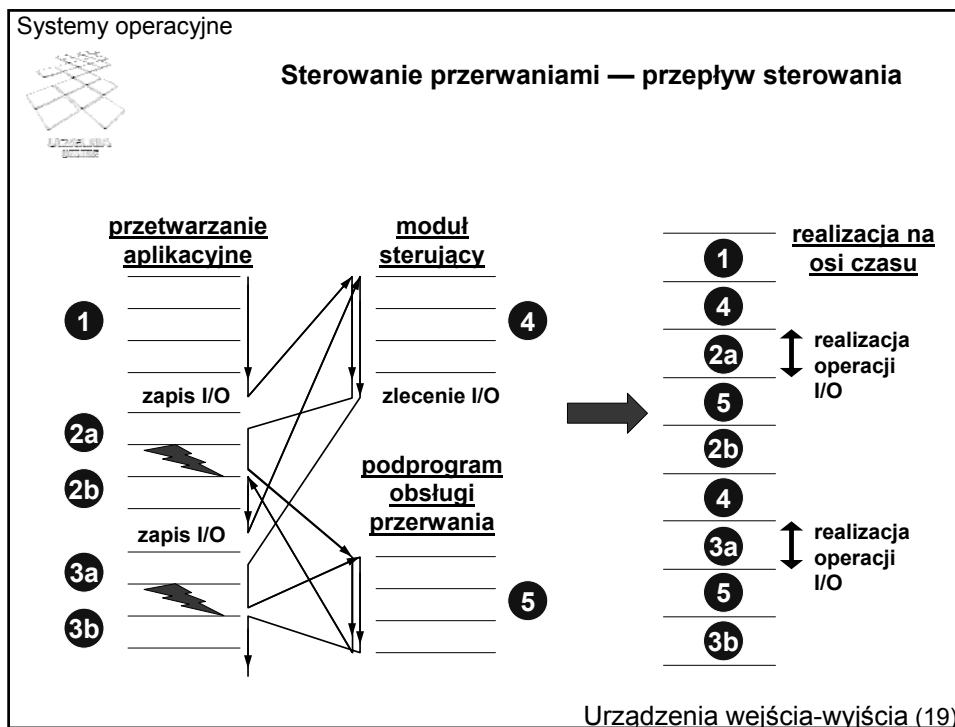
**Przebieg czasowy odpytywania**

Urządzenia wejścia-wyjścia (12)









Systemy operacyjne

Obsługa przerw wielokrotnych

The diagram illustrates the flow of control during interrupt management. It shows the interaction between application processing, the control module, and the interrupt service routine, mapped onto a timeline.

przetwarzanie aplikacyjne: Shows a sequence of operations: 1 (start), 2a, 2b, 3a, 3b. Operations 2a, 2b, 3a, and 3b are marked with lightning bolts, indicating interrupt events. Arrows labeled "zapis I/O" point from these operations to the control module.

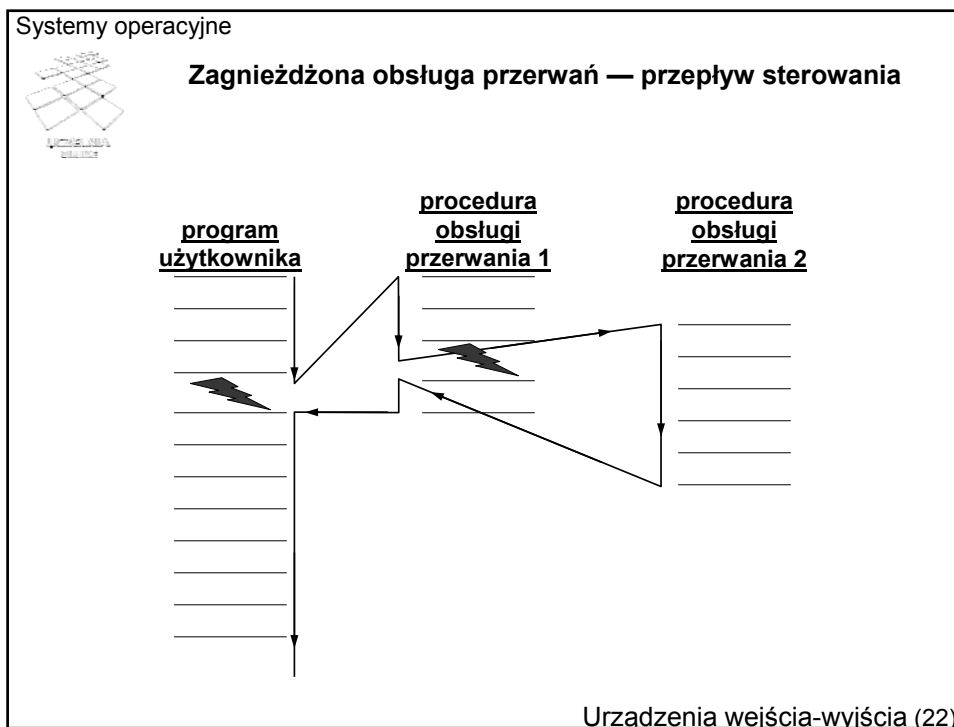
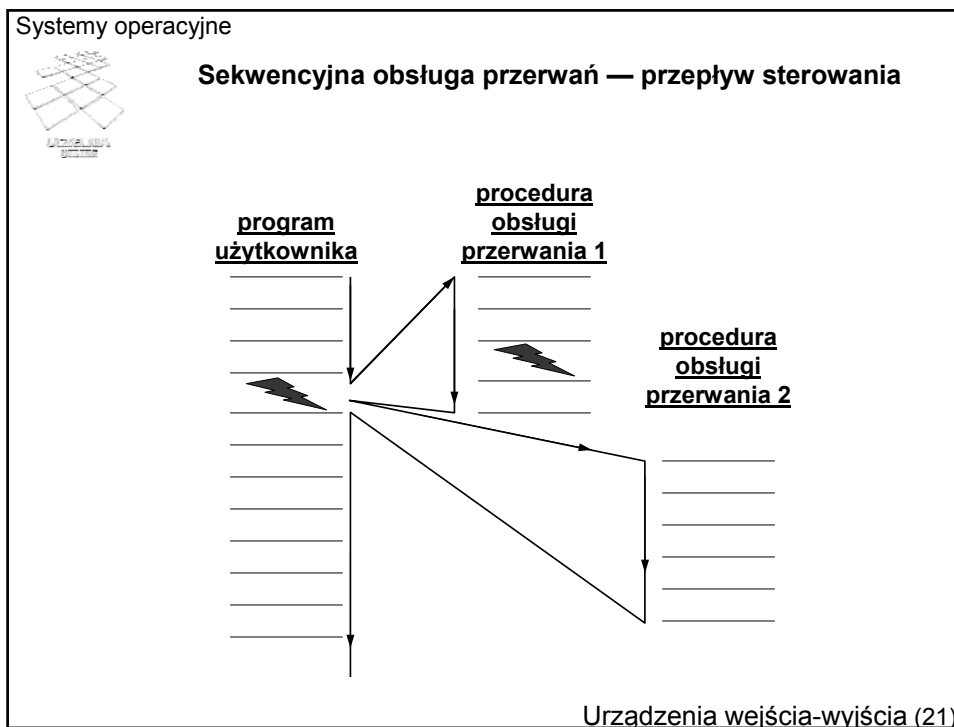
moduł sterujący: Shows a sequence of operations: 4, 5. Operation 4 is labeled "zlecenie I/O" (I/O request). Arrows labeled "zapis I/O" point from the application processing section to this module.

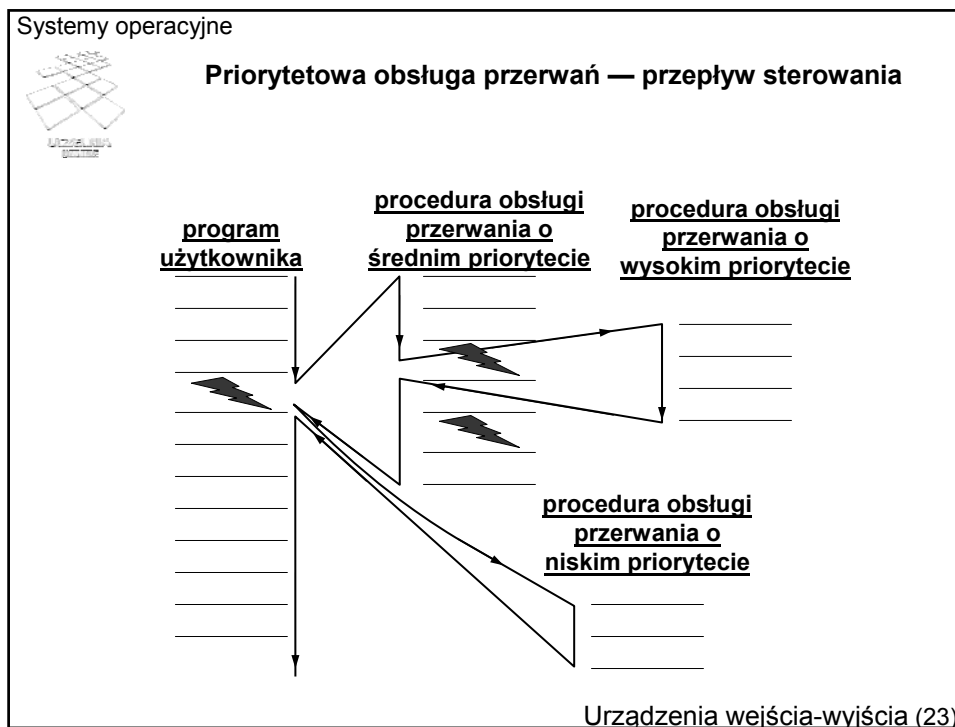
podprogram obsługi przerwania: Shows a sequence of operations: 4, 5. Operation 4 is labeled "zlecenie I/O". Arrows labeled "zapis I/O" point from the control module to this section.

realizacja na osi czasu: Shows the timeline of operations: 1, 4, 2a, 5, 2b, 4, 3a, 5, 3b. Vertical double-headed arrows indicate the execution of I/O operations: "realizacja operacji I/O" for 2a and 3a.

Urządzenia wejścia-wyjścia (20)

- Przerwania wielokrotne oznaczają zgłoszenie kolejnego przerwania w czasie obsługi innego przerwania.
- Podejścia do obsługi przerw wielokrotnych:
 - obsługa sekwencyjna,
 - obsługa zagnieżdżona,
 - obsługa priorytetowa





Systemy operacyjne

Problemy współbieżnej obsługi wielu urządzeń

- Problem identyfikacji źródła przerwania — zidentyfikowanie urządzenia, które poprzez zgłoszenie przerwania wymusiło przekazanie sterowania do procedury obsługi przerwania.
- Problem priorytetów — zagwarantowanie określonej kolejności wyboru urządzeń w przypadku deklaracji gotowości kilku z nich w tym samym czasie.

Urządzenia wejścia-wyjścia (24)

Systemy operacyjne

**Sposoby identyfikacji źródła przerwania**

- Wiele linii przerw — doprowadzenie do procesora osobnej linii przerwania dla każdego urządzenia
- Odpytywanie programowe — odczyt rejestru stanu i sprawdzanie bitu gotowości każdego urządzenia
- Odczyt wektora — odczytanie z magistrali informacji o adresie lub numerze urządzenia, które zgłosiło przerwanie, lub też numerze zgłoszonego przerwania

Urządzenia wejścia-wyjścia (25)

Systemy operacyjne

**Poziomy obsługi przerw**

- poziom 0 — wszystkie przerwy odblokowane
- poziom 1 — wyłączenie zadań okresowych szeregowanych za pomocą czasomierzy
- poziom 2 — wyłączenie przetwarzania protokołu sieciowego
- poziom 3 — wyłączenie przerw od terminala
- poziom 4 — wyłączenie przerw od dysku
- poziom 5 — wyłączenie przerw od urządzeń sieciowych
- poziom 6 — wyłączenie przerw od zegara sprzętowego
- poziom 7 — wyłączenie wszystkich przerw

Urządzenia wejścia-wyjścia (26)

Systemy operacyjne



Efektywność interakcji procesora ze sterownikiem — oznaczenia

- T_c — czas przetwarzania (obliczeń) przez procesor
- T_d — czas realizacji operacji wejścia-wyjścia przez sterowniki urządzeń
- T_o — skumulowany narzut czasowy, wynikający ze zwłoki pomiędzy zgłoszeniem gotowości przez sterownik, a reakcją przez procesor
- T_t — całkowity czas realizacji przetwarzania

Urządzenia wejścia-wyjścia (27)

Systemy operacyjne



Narzut czasowy

- W trybie odpytywania narzut czasowy $T_o = T_p$, gdzie
 - T_p — skumulowane opóźnienie w pętli odpytywania pomiędzy ustawieniem bitu gotowości, a odczytaniem rejestru stanu.
- W trybie sterowania przerwami narzut czasowy $T_o = T_b + T_h + T_r$, gdzie:
 - T_b — skumulowany czas oczekiwania na zwolnienie urządzenia,
 - T_h — skumulowany czas obsługi przerw,
 - T_r — skumulowany czas oczekiwania na przydział procesora po zakończeniu operacji wejścia-wyjścia.

Urządzenia wejścia-wyjścia (28)

Systemy operacyjne



Porównanie efektywności przetwarzania w systemie jednozadaniowym

- W systemie jednozadaniowym czas cyklu przetwarzania $T_t = T_c + T_d + T_o$
- Ponieważ $T_p < T_h + T_b + T_r$
 - w systemie jednozadaniowym odpytywanie zapewnia większą efektywność nawet przy założeniu, że $T_r = 0$ i $T_b = 0$,
 - z punktu widzenia pojedynczego procesu odpytywanie zapewnia większą efektywność

Urządzenia wejścia-wyjścia (29)

Systemy operacyjne



Czas przetwarzania w systemie wielozadaniowym ⁽¹⁾

- Rozważmy zbiór procesów współbieżnych $P_1, \dots, P_n$.
- Niech $T_{t,i}$, $T_{d,i}$, $T_{c,i}$, $T_{p,i}$, $T_{h,i}$, $T_{b,i}$ i $T_{r,i}$ oznaczają odpowiednie parametry czasowe procesu P_i .
- Całkowity czas przetwarzania zbioru procesów w trybie odpytywania:

$$\sum_{i=1}^n T_{t,i} = \sum_{i=1}^n T_{c,i} + \sum_{i=1}^n T_{d,i} + \sum_{i=1}^n T_{p,i}$$

Urządzenia wejścia-wyjścia (30)

Systemy operacyjne

**Czas przetwarzania w systemie wielozadaniowym (2)**

- Całkowity czas przetwarzania w trybie sterowania przerwami, przy założeniu, że:

$$\sum_{i=1}^n T_{c,i} \geq \sum_{i=1}^n T_{d,i}$$

- wariant optymistyczny

$$\sum_{i=1}^n T_{t,i} = \sum_{i=1}^n T_{c,i} + \sum_{i=1}^n T_{h,i}$$

- wariant pesymistyczny

$$\sum_{i=1}^n T_{t,i} = \sum_{i=1}^n T_{c,i} + \sum_{i=1}^n T_{h,i} + \max_{i=1..n} T_{d,i}$$

Urządzenia wejścia-wyjścia (31)

Systemy operacyjne

**Porównanie efektywności w systemie wielozadaniowym**

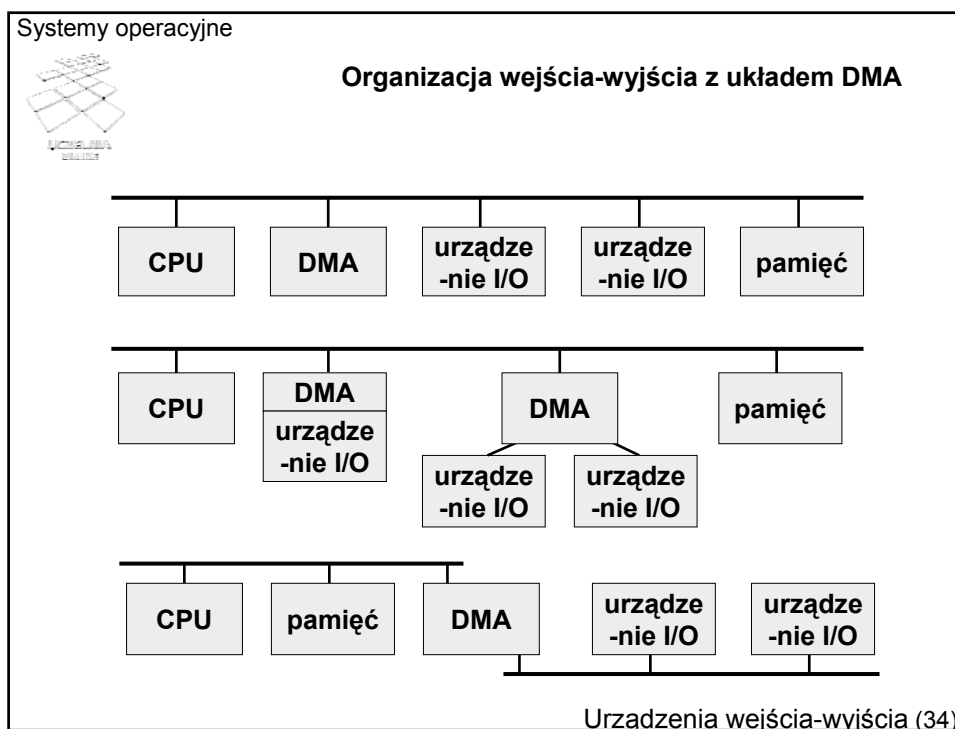
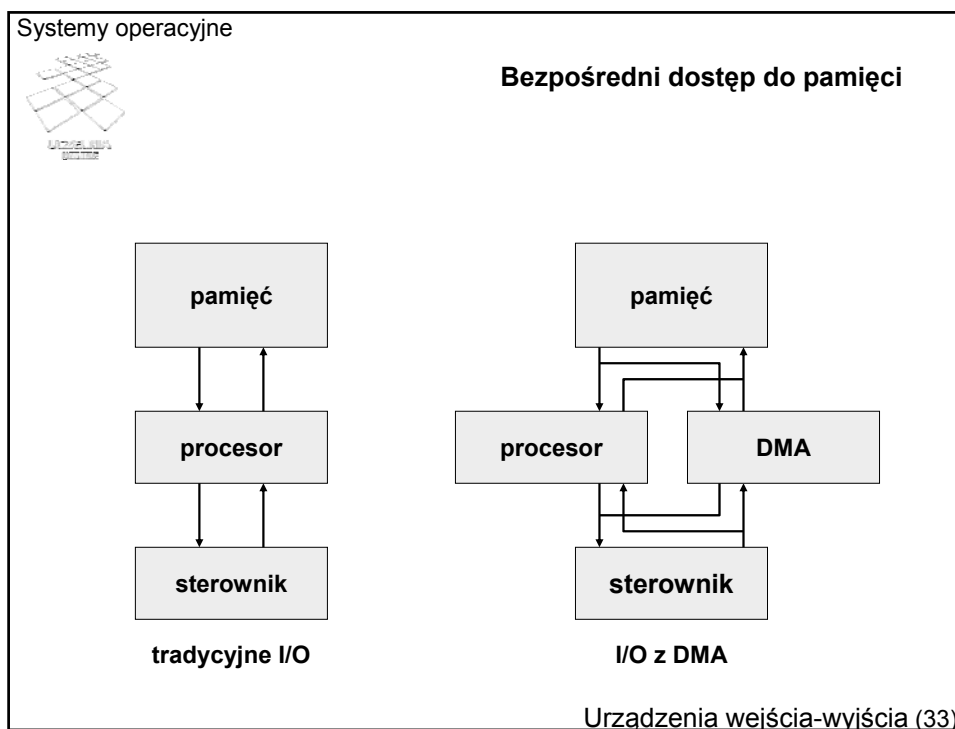
- Ogólna efektywność przetwarzania w trybie sterowania przerwami w wariancie optymistycznym jest większa w porównaniu z trybem odpytywania wówczas, gdy

$$\sum_{i=1}^n T_{d,i} + \sum_{i=1}^n T_{p,i} \geq \sum_{i=1}^n T_{h,i}$$

- Ogólna efektywność przetwarzania w trybie sterowania przerwami w wariancie pesymistycznym jest większa w porównaniu z trybem odpytywania wówczas, gdy

$$\sum_{i=1}^n T_{d,i} - \max_{i=1..n} T_{d,i} + \sum_{i=1}^n T_{p,i} \geq \sum_{i=1}^n T_{h,i}$$

Urządzenia wejścia-wyjścia (32)



Systemy operacyjne

**Buforowanie**

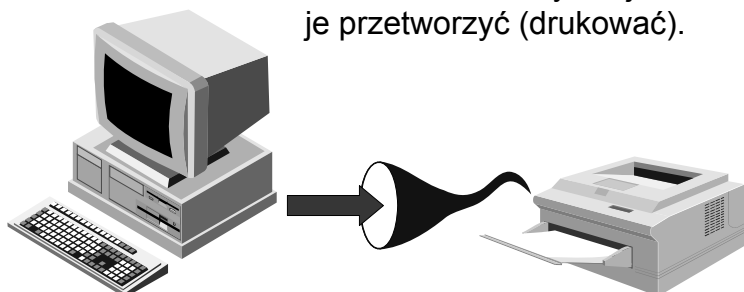
- Dopasowanie urządzeń różniących się szybkością przekazywania danych — dopasowanie chwilowo szybszego producenta danych do możliwości konsumenta.
- Dopasowanie urządzeń różniących się podstawową jednostką transmisji danych — dopasowanie w celu efektywnego przekazywania danych urządzeń przesyłających mniejsze jednostki danych do urządzeń wymagających większych jednostek lub odwrotnie (fragmentowanie).
- Semantyka kopii — zagwarantowanie niezmienności danych w czasie wykonywania operacji wejścia-wyjścia.

Urządzenia wejścia-wyjścia (35)

Systemy operacyjne

**Dopasowanie różnic szybkości**

Przykład: komputer potrafi przekazać dane znacznie szybciej niż drukarka je przetworzyć (drukować).

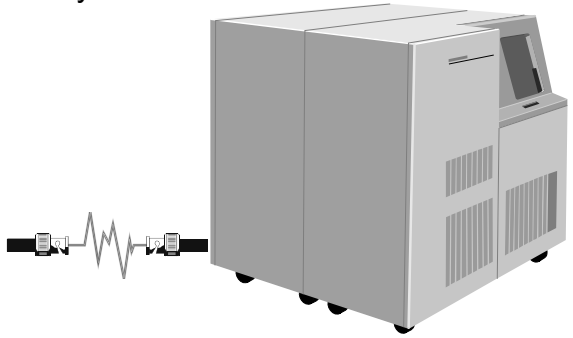


Urządzenia wejścia-wyjścia (36)

Systemy operacyjne

Dopasowanie jednostek transmisji

Przykład: zapis na dysku danych odbieranych z sieci.

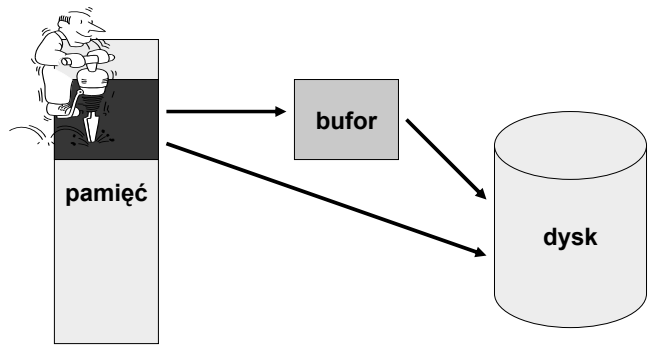


The diagram illustrates a data flow from a network to a storage device. On the left, a network cable with two RJ45 connectors is shown. A jagged line representing a signal or data stream connects the cable to a large, grey, rack-mounted storage unit on the right. The storage unit has multiple bays and ventilation grilles.

Urządzenia wejścia-wyjścia (37)

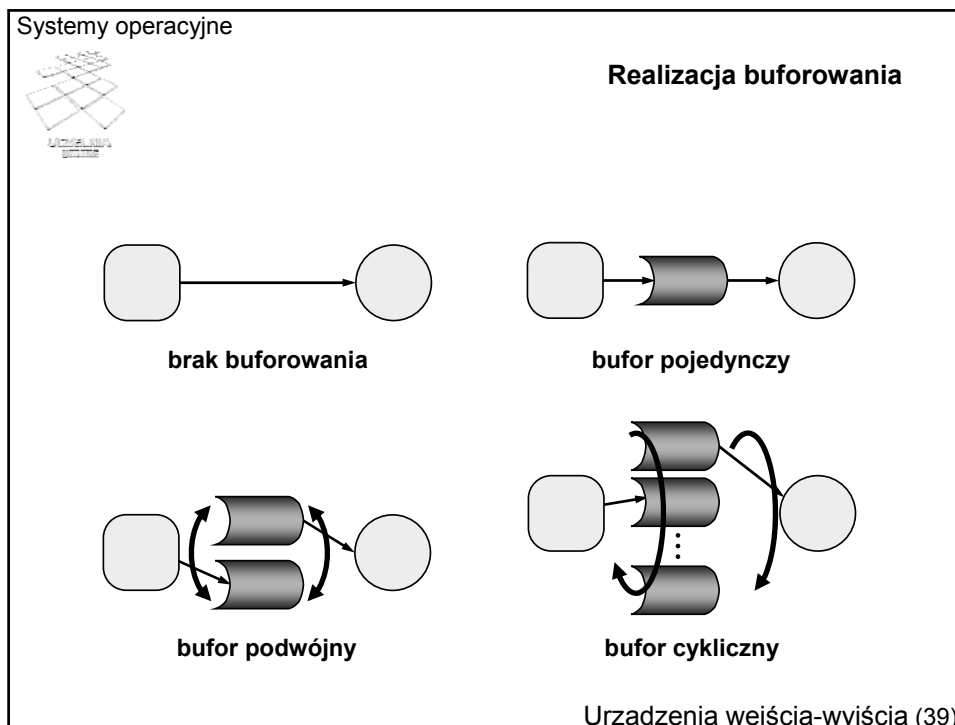
Systemy operacyjne

Semantyka kopii



The diagram illustrates the semantics of copying data. On the left, a vertical rectangle represents memory, with a cartoon character sitting on top of it. The word "pamięć" is written on the rectangle. An arrow points from the memory to a box labeled "bufor" (buffer). Another arrow points from the memory directly to a cylinder labeled "dysk" (disk). A third arrow points from the "bufor" box to the "dysk" cylinder.

Urządzenia wejścia-wyjścia (38)



Systemy operacyjne



Przechowywanie podręczne

- Przechowywanie podręczne polega na gromadzeniu kopii danych w pamięci w celu poprawy efektywności ich przetwarzania.
- Przechowywanie podręczne w przypadku operacji wejścia zmniejsza czas dostępu.
- Przechowywanie podręczne w przypadku operacji wyjścia umożliwia skumulowanie wyników przetwarzania w dłuższym czasie i przekazanie ich na urządzenie zewnętrzne w wyniku jednej operacji wyjścia.

Urządzenia wejścia-wyjścia (40)

