06.
Čtenáři – písaři
Plánování procesů

ZOS 2012

1. zápočtový test

- 7. a 8. listopadu 2012
  - v čase cvičení (na poloviny dle domluvy na cvičení)
  - u školního PC pod speciálním účtem
  - 30 minut čistého času na test
  - dvě jednoduché otázky z 1.-4. prezentace přednášek
  - různé varianty testů
- Hodnocení
  - Každý úkol ANO/NE zisk bodů
  - nadpoloviční většina bodů

1. zápočtový test

- Pomůcky k dispozici
  - manuálové stránky (man)
  - dostanete vytištěný seznam základních příkazů (viz portál předmětu)
  - nic víc

tipy:
- syntaxe: help if, help case, help test, man test
- umět poznat, že je skript spuštěný s 0, 1, 2, .. parametry
- umět iterovat přes soubory / adresáře v daném adresáři

Semestrální práce

viz podmínky na
coursewaru -> Samostatná práce

Problém čtenářů a písařů

- modeluje přístup do databáze
- rezervační systém (místenky, letenky)

- množina procesů, souběžné čtení a zápis
  - souběžné čtení lze
  - výhradní zápis (žádný další čtenář ani písař)

Častá praktická úloha, lze realizovat s předností čtenářů, nebo s předností písařů.
Pro komerční aplikace je samozřejmě vhodnější přednost písařů.

```
var
   m=1 : semaphore;    {mutex}
   w=1: semaphore;     {přístup pro zápis }
   rc = 0: integer;    { počet čtenářů }

procedure writer;
begin
   P(w);
      // zapisuj
   V(w)
end;
```

```
procedure reader;
begin
    P(m);
    rc := rc + 1;
    if rc = 1 then P(w);            //1. čtenář
    V(m);
        // čti
    P(m);
    rc := rc - 1;
    if rc=0 then V(w);              // poslední čtenář
    V(m)
end;
```

Čtenáři – písaři popis

- čtenáři
  - první čtenář provede P(w)
  - další zvětšují čítač rc
  - po “přečtení” čtenáři zmenšují rc
  - poslední čtenář provede V(w)
- semafor w
  - zabrání vstupu písaře, jsou-li čtenáři
  - zabrání vstupu čtenářům při běhu písaře:
    - prvnímu zabrání P(w)
    - ostatním brání P(m)
- toto řešení je s předností čtenářů
  - písaři musí čekat, až všichni čtenáři skončí

Implementace zámků v operačních a databázových systémech

- přístup procesu k souboru nebo záznamu databázi

- výhradní zámek (pro zápis)
  - nikdo další nesmí přistupovat
- sdílený zámek (pro čtení)
  - mohou o něj žádat další procesy

- granularita zamykání
  - celý soubor x část souboru
  - tabulka x řádka v tabulce

Implementace zámků v OS

Linux, UNIX lze zamknout část souboru funkcí

fcntl (fd, F_SETLK, struct flock)

```
int fd; struct flock fl;
fd = open(“testfile”, O_RDWR);
fl.l_type = F_WRLCK;          - zámek pro zápis
fl.l_whence = SEEK_SET;       - pozice od začátku souboru
fl.l_start = 100; fl,l_len = 10;   - pozice, kolik
fcntl (fd,F_SETLK, &fl);      - zamkneme pro zápis
 // vrací -1 pokud se nepovede
```

Implementace zámků v OS

odemknutí

```
fl.l_type = F_UNLCK;          - odemknutí
fl.l_whence = SEEK_SET;       - pozice od začátku souboru
fl.l_start = 100; fl,l_len = 10;  - pozice, kolik
fcntl (fd,F_SETLK, &fl);      - nastavíme
```

operace

F_SETLK - set / clear lock, nečeká

F_GETLK - info o zámku

F_SETLKW - nastavení zámku, čeká když je zamčený

Zámky v DB systémech

např. s každým záznamem databáze sdružen zámek

funkce:

db_lock_r(x)	zámek pro čtení
db_lock_w(x)	uzamkne záznam x pro zápis
db_unlock_r(x)	odemčení záznamu x
db_unlock_w(x)	dtto

čtenáři – písaři s přednostní písařů

```
type zamek = record
wc, rc: integer := 0;          // počet písařů a čtenářů
mutw: semaphore := 1;          // chrání přístup k čítači wc
mutr: semaphore := 1;          // chrání přístup k čítači rc
wsem: semaphore := 1;          // blokování písařů
rsem: semaphore := 1;          // je-li písař, blokuje 1. čtenáře
rdel: semaphore := 1;          // blokování ostatních čtenářů
end;
```

Algoritmus je složitější, ale praktičtější
uveden jen na ukázku
:= symbol přiřazení, = symbol porovnání

```
procedure db_lock_w(var x: zamek);

    // uzamčení záznamu pro zápis
begin
    P(x.mutw);
    x.wc:=x.wc+1;
    if x.wc=1 then P(x.rsem);  -- 1.písař zablokuje 1. čtenáře
    V(x.mutw);
    P(x.wsem);                 --  blokování písařů
end;
```

```
procedure db_unlock_w(var x: zamek);
  // odemčení zápisů pro zápis

begin
    V(x.wsem);                    -- odblokování písařů
    P(x.mutw);
    x.wc:=x.wc-1;
    if x.wc=0 then V(x.rsem); -- poslední písař pustí 1.čten.
    V(x.mutw)
end;
```

```
procedure db_lock_r(var x: zamek);
begin
    P(x.rdel);                          -- nejsou blokováni ostatní čtenáři
    P(x.rsem);                          -- není blokován 1. čtenář
    P(x.mutr);
    x.rc:=x.rc+1;
    if x.rc=1 then P(x.wsem);           -- 1. čtenář zablokuje písaře
    V(x.mutr);
    V(x.rsem);
    V(x.rdel)
end;

procedure db_unlock_r(var x: zamek);
begin
    P(x.mutr);
    x.rc:=x.rc-1;
    if x.rc=0 then V(x.wsem);           -- odblokuje písaře
    V(x.mutr)
end;
```

Další problémy meziprocesové komunikace

- problém spícího holiče
- problém populárního pekaře (Lamport 1974)
  - Google: Lamport baker
  - Každý zákazník dostane unikátní číslo
- plánovač hlavičky disku

- další probrané
  - problém večeřících filozofů
  - producent – konzument
  - čtenáři – písaři
- Knížka *The Little Book of Semaphores* (zdarma pdf)

Plánování procesů

Základní stavy procesu

- běžící
- připraven – čeká na CPU
- blokován – čeká na zdroj nebo zprávu

- nový (new) – proces byl právě vytvořen
- ukončený (terminated) – proces byl ukončen

Správce procesů – udržuje tabulku procesů

Záznam o konkrétním procesu – PCB (Process Control Block) – souhrn dat potřebných k řízení procesů

Plánovač x dispatcher

- plánovač vs. dispatcher
- dispatcher předává řízení procesu vybranému short time plánovačem
  - přepnutí kontextu
  - přepnutí do user modu
  - skok na vhodnou instrukci daného programu

- více připravených procesů k běhu – plánovač vybere, který spustí jako první
- plánovač procesů (scheduler), používá plánovací algoritmus (scheduling algorithm)

Pamatuj

Plánovač určí, který proces (vlákno) by měl běžet nyní.

Dispatcher provede vlastní přepnutí z aktuálního běžícího procesu na nově vybraný proces.

Plánování procesů - vývoj

- dávkové systémy
  - Úkol: spustit další úlohu, nechat ji běžet do konce
  - Uživatel s úlohou nekomunikuje, zadá program plus vstupní data např. v souboru
  - O výsledku je uživatel informován, např. e-mailem aj.
- systémy se sdílením času
  - Můžeme mít procesy běžící na pozadí
  - interaktivní procesy – komunikují s uživatelem
- kombinace obou systémů (dávky, interaktivní procesy)

- chceme: přednost interaktivních procesů
  - Srovnejte: odesílání pošty x zavírání okna

Střídání CPU a I/O aktivit procesu

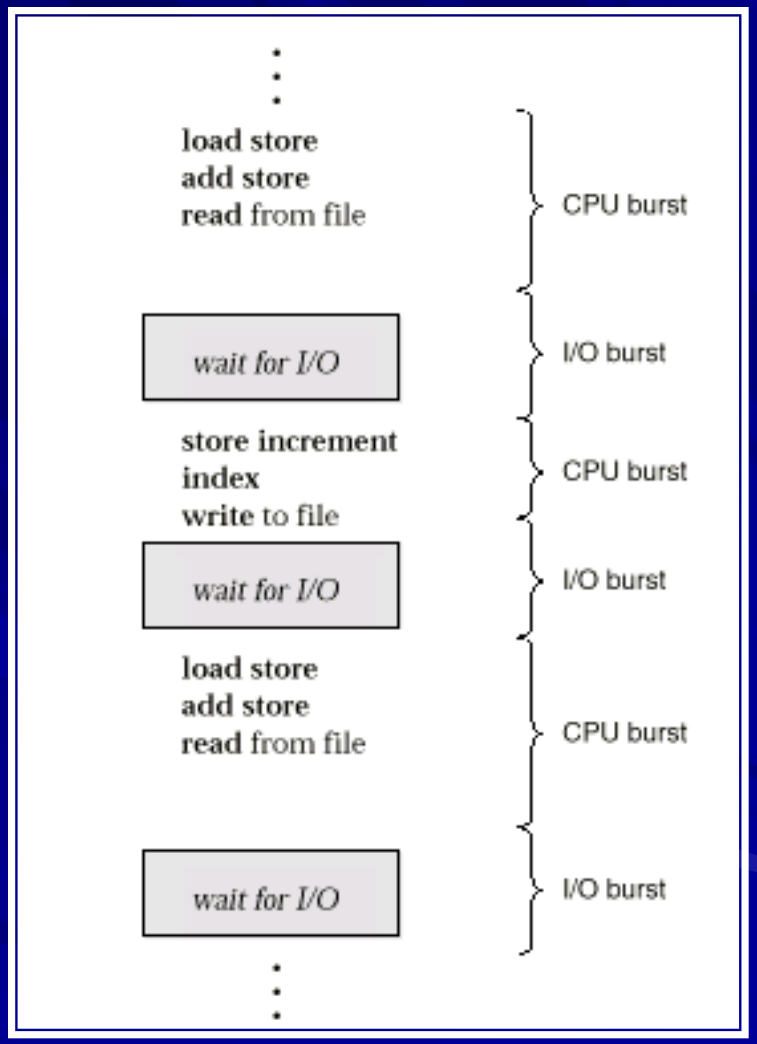
Během vykonávání procesu

- CPU burst (vykonávání kódu)
- I/O burst (čekání)
- střídání těchto fází
- končí CPU burstem

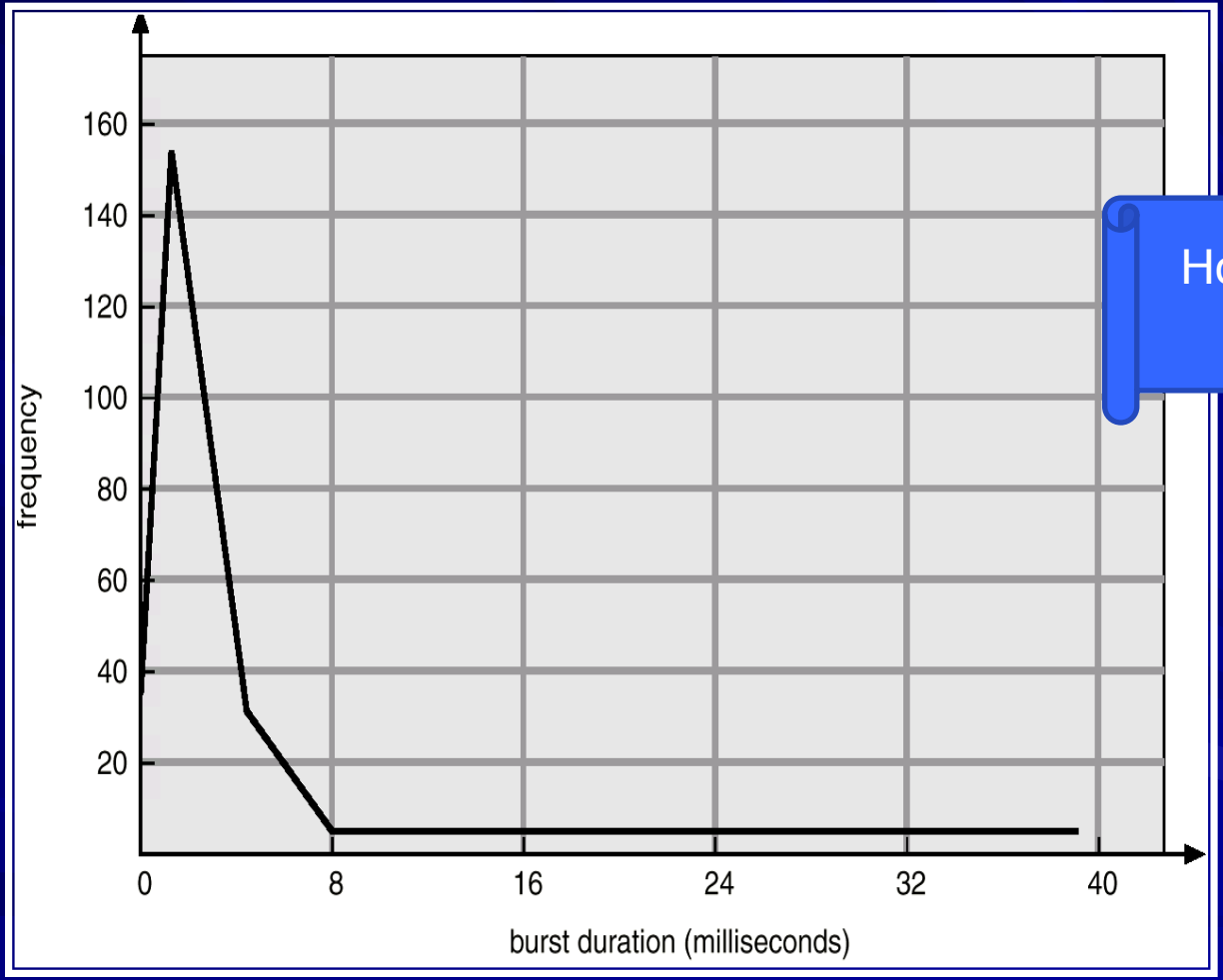
Typicky máme:

hodně krátkých CPU burstů

málo dlouhých



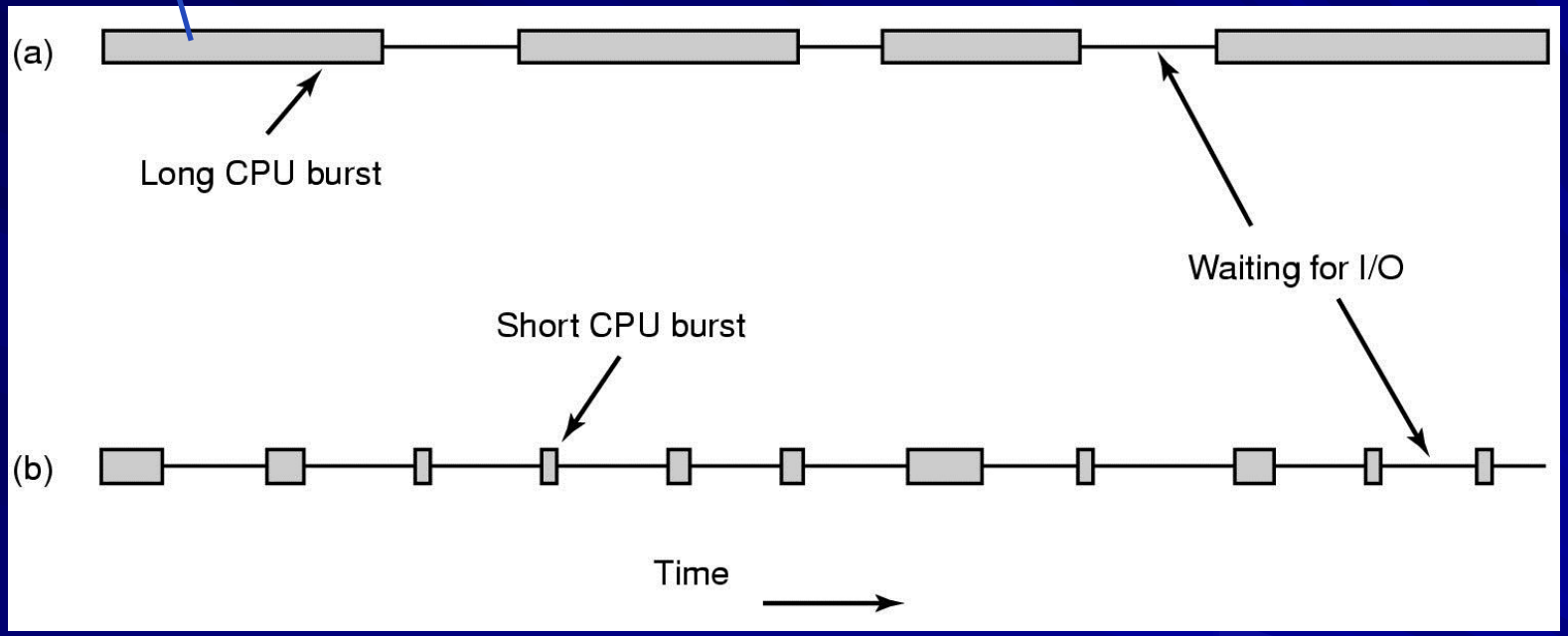
Histogram CPU burstů



Hodně krátkých burstů

počítám

Plánování



a) CPU-vázaný proces („hodně času tráví výpočtem“)
b) I/O vázaný proces („hodně času tráví čekáním na I/O“)

Uveďte příklady CPU vázaného a I/O vázaného procesu

Preemptivní vs. non-preemptivní plánování

- Non-preemptivní
  - každý proces dokončí svůj CPU burst
  - proces si podrží kontrolu nad CPU, dokud se jí nevzdá (I/O čekání, ukončení)
  - lze v dávkových systémech, není příliš vhodné pro time sharingové (se sdílením času)
  - Win 3.x non-preemptivní (kooperativní) plánování
  - od Win95 preemptivní
  - od Mac OS 8 preemptivní
  - na některých platformách je stále

Jaký má vliv non-preemptivnost systému na obsluhu kritické sekce?

Preemptivní vs. non-preemptivní plánování

- Preemptivní plánování
  - proces lze přerušit **KDYKOLIV** během CPU burstu a naplánovat jiný (-> problém kritických sekcí !!!)
  - dražší implementace kvůli přepínání procesů (režie)
  - Vyžaduje speciální hardware – timer (časovač)

Část výkonu systému spotřebuje režie nutná na přepínání procesů.
K přepnutí na jiný proces také může dojít v nevhodný čas (ošetření KS).
Preemptivnost je ale u současných systémů důležitá, pokud potřebujeme interaktivní odezvu systému.
Časovač tiká (generuje přerušení), a po určitém množství tiků se určí, zda procesu nevypršelo jeho časové kvantum.

Otázky preemptivní plánování

- Nutnost koordinovat přístup ke sdíleným datům
- preempce jádra OS
  - přeplánování ve chvíli, kdy se manipuluje s daty (I/O fronty) používanými jinými funkcemi jádra..
  - UNIX (když nepreemptivní)
    - čekání na dokončení systémového volání
    - nebo na dokončení I/O
    - výhodou jednoduchost jádra
    - nevýhodou výkon v RT a na multiprocesorech

Preempce se může týkat nejen uživatelských procesů, ale i jádra OS. Linux umožňuje zkompilovat preemptivní jádro.

Cíle plánování

All systems

- Fairness - giving each process a fair share of the CPU
- Policy enforcement - seeing that stated policy is carried out
- Balance - keeping all parts of the system busy

Batch systems

- Throughput - maximize jobs per hour
- Turnaround time - minimize time between submission and termination
- CPU utilization - keep the CPU busy all the time

Interactive systems

- Response time - respond to requests quickly
- Proportionality - meet users' expectations

Real-time systems

- Meeting deadlines - avoid losing data
- Predictability - avoid quality degradation in multimedia systems

Některé cíle jsou společné, jiné se liší dle typu systému

Zajímavosti

V roce 1973 provedli na MITu
shut-down systému IBM 7094
a našli low priority proces,
který nebyl dosud spuštěný
a přitom byl založený …..

Zajímavosti

..v roce 1967 ..

Plánovač (!)

- rozhodovací mód
  - okamžik, kdy jsou vyhodnoceny priority procesu a vybrán proces pro běh
- prioritní funkce
  - určí prioritu procesu v systému
- rozhodovací pravidla
  - jak rozhodnout při stejné prioritě

Tři zásadní údaje, které charakterizují plánovač

Plánovač – **Rozhodovací mód**

- nepremptivní
  - Proces využívá CPU, dokud se jej sám nevzdá (např. I/O)
  - jednoduchá implementace
  - vhodné pro dávkové systémy
  - nevhodné pro interaktivní a RT systémy
- preemptivní
  - kdy ?
    - přijde nový proces (dávkové systémy)
    - periodicky – kvantum (interaktivní systémy)
    - jindy – priorita připraveného > běžícího (RT)
  - náklady
    - přepínání procesů, logika plánovače

Plánovač – **Prioritní funkce**

- Funkce, bere v úvahu parametry procesu a systémové parametry
- určuje prioritu procesu v systému
- externí priority
  - třídy uživatelů, systémové procesy

- priority odvozené z chování procesu (dlouho neběžel, čekal …)
- Většinou dvě složky – statická a dynamická priorita
  - Statická – přiřazena při startu procesu
  - Dynamická – dle chování procesu (dlouho čekal, aj.)

Prioritní funkce (!)

priorita = statická + dynamická

proč 2 složky?
pokud by chyběla:

- statická – nemohl by uživatel např. při startu označit proces jako důležitější než jiný
- dynamická – proces by mohl vyhladovět, mohl by být neustále předbíhán v plánování jinými procesy s větší prioritou

Plánovač – Prioritní funkce

Co všechno může vzít v úvahu prioritní funkce:

- čas, jak dlouho využíval CPU
- aktuální zatížení systému
- paměťové požadavky procesu
- čas, který strávil v systému
- celková doba provádění úlohy (limit)
- urgence (RT systémy)

Plánovač – **Rozhodovací pravidlo**

- malá pravděpodobnost stejné priority
  - náhodný výběr
- velká pravděpodobnost stejné priority
  - cyklické přidělování kvanta
  - chronologický výběr (FIFO)

Prioritní funkce může být navržena tak, že málokdy vygeneruje stejné priority, nebo naopak může být taková, že často (nebo když se nepoužívá vždy) určí stejnou hodnotu. Pak nastupuje rozhodovací pravidlo.

Cíle plánovacích algoritmů

Každý algoritmus nutně upřednostňuje nějakou třídu úloh na úkor ostatních.

- dávkové systémy
  - dlouhý čas, omezí ze přepínání úloh
- interaktivní systémy
  - Interakci s uživatelem, tj. I/O úlohy
- systémy reálného času
  - Dodržení deadlines

Společné cíle

- spravedlivost
  - srovnatelné procesy srovnatelně obsloužené
- vynucovat stanovená pravidla
- efektivně využít všechny části systému
- nízká režie plánování

Dávkové systémy (!)

- průchodnost (throughput)
  - počet úloh dokončených za časovou jednotku
- průměrná doba obrátky (turnaround time)
  - průměrná doba od zadání úlohy do systému do dokončení úlohy
- využití CPU

Průchodnost a průměrná doba obrátky jsou různé údaje ! Někdy snaha vylepšit jednu hodnotu může zhoršit druhou z nich.

Dávkové systémy

- maximalizace průchodnosti nemusí nutně minimalizovat dobu obrátky
- modelový příklad:
  - dlouhé úlohy následované krátkými
  - upřednostňování krátkých
  - bude tedy dobrá průchodnost
  - dlouhé úlohy se nevykonají
    - doba obrátky bude nekonečná

Interaktivní systémy

Minimalizace doby odpovědi

Vs.

Efektivita – drahé přepínání mezi procesy

Realtimové systémy

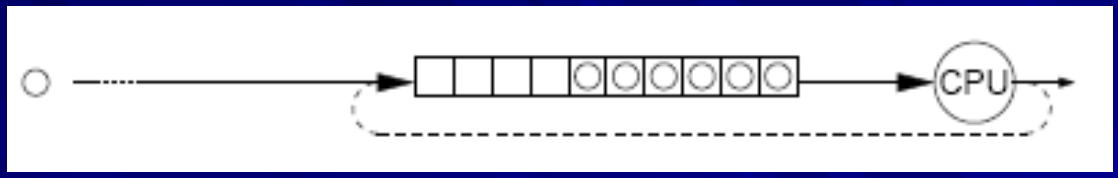
- Dodržení deadlines
- Předvídatelnost
  - Některé akce pravidelné (generování zvuku)

Př. Obsluha GSM části telefonu

Plánování úloh v dávkových systémech

- FCFS (First Come First Served)
- SJF (Shortest Job First)
- SRT (Shortest Remaining Time)
  - Preemptivní varianta SJF
- Multilevel Feedback

FCFS (First Come First Served)



- FIFO
- Nepreemptivní FIFO
- Základní varianta
  - Nově příchozí na konec fronty
  - Úloha běží dokud neskončí, poté vybrána další ve frontě

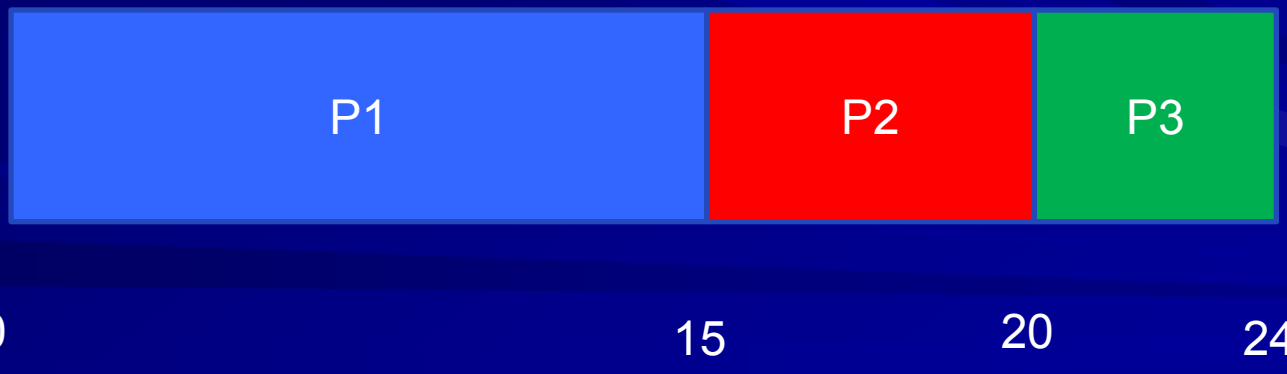
- Co když provádí I/O operaci?
  1. Zablokována, CPU se nevyužívá (základní varianta)
  2. Nebo se zablokuje, po dokončení I/O zařazena na **konec** fronty (častá varianta)
  - Vstupně výstupně vázané úlohy znevýhodněny před výpočetně vázanými
  - Další možná modifikace –> po dokončení I/O na začátek fronty

FCFS příklad

V čase O budou v systému procesy P1, P2, P3 přišlé v tomto pořadí.

proces	Doba trvání (s)
P1	15
P2	5
P3	4

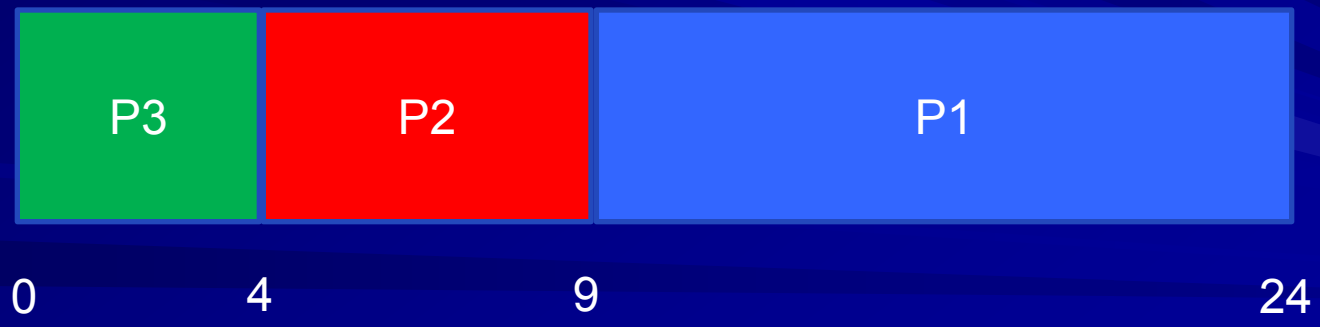
doba obrátky:
odešel
-
přišel



průměrná doba obrátky: (15+20+24) / 3 = 19,666

SJF (Shortest Job First)

- Nejkratší úloha jako první
- Předpoklad – známe přibližně dobu trvání úloh
- Nepreemptivní
  - Jedna fronta příchozích úloh
  - Plánovač vybere vždy úlohu s nejkratší dobou běhu
- Optimalizuje dobu obrátky



průměrná doba obrátky: (4+9+24) / 3 = 12,3

Výpočet průměrné doba obrátky

Do systému přijdou úlohy A,B,C,D s dobou běhu: 8, 4, 4, 4 minut.

FCFS

- Spustí v pořadí A, B, C, D dle strategie FCFS
- Doba obrátky:
  - A 8 minut
  - B 8+4 = 12 minut
  - C 8+4+4 = 16 minut
  - D 8+4+4 +4 = 20 minut
- Průměrná doba obrátky:
  (8+12+16+20) / 4 = 14 minut

Výpočet průměrné doby obrátky

- SJF
- V pořadí B, C, D, A
  - B 4 minuty
  - C 4+4 = 8 minut
  - D 4+4+4 = 12 minut
  - A 4+4+4+8 = 20 minut
- Průměrná doba obrátky
  (4+8+12+20) / 4 = 11 minut

- Průměrná doba obrátky je v tomto případě lepší

SRT (Shortest Remaining Time)

- Úlohy můžou přicházet **kdykoliv**
- Preemptivní (!)
  - Plánovač vždy vybere úlohu, jejíž **zbývající** doba běhu je nejkratší
- Př. preempce:
  Právě prováděné úloze zbývá 10 minut, do systému přijde úloha s dobou běhu 1 minutu – systém prováděnou úlohu pozastaví a nechá běžet novou úlohu

- Možnost vyhladovění dlouhých úloh (!) => předbíhány

SRT příklad

Čas příchodu	Název úlohy	Doba úlohy (s)
0	P1	7
0	P2	5
3	P3	1

V čase 0 máme na výběr P1, P2. Naplánujeme P2 s kratší dobou běhu

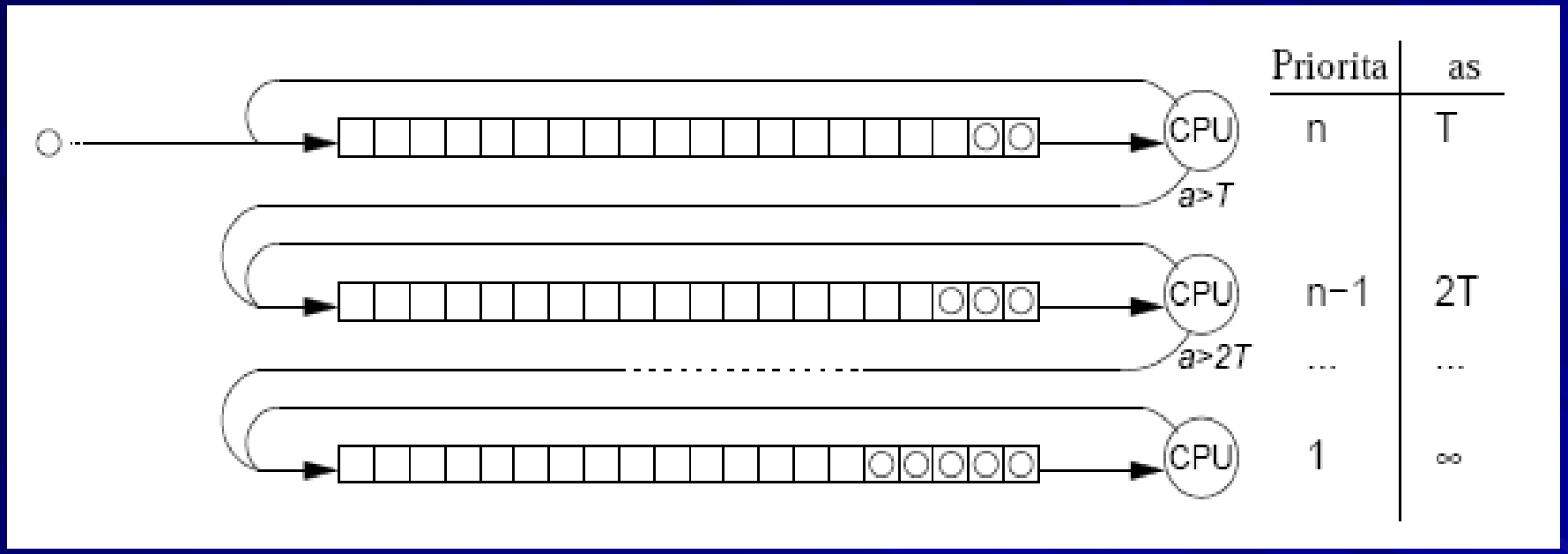
V čase 3 přijde do systému nová úloha. Zkontrolujeme zbývající doby běhu úloh: P1(7), P2 (2), P3(1). Naplánujeme P3.

Jakmile skončí P3, naplánujeme P2, až doběhne, P1

Multilevel feedback

- N prioritních úrovní
- Každá úroveň má svojí frontu úloh
- Úloha vstoupí do systému s nejvyšší prioritou (!)
- Na každé prioritní úrovni
  - Stanoveno maximum času CPU, který může úloha obdržet
  - Např.: T na úrovni n, 2T na úrovni n-1 atd.
  - Pokud úloha překročí tento limit, její priorita se sníží
  - Na nejnižší prioritní úrovni může úloha běžet neustále nebo lze překročení určitého času považovat za chybu
- Proces obsluhuje nejvyšší neprázdnou frontu (!!)

Multilevel feedback



Výhoda – rozlišuje mezi I/O-vázanými a CPU-vázanými úlohami
Upřednostňuje I/O vázané

Shrnutí – dávkové systémy

algoritmus	Rozh. mód	Prioritní funkce	Rozh. pravidlo
FCFS	Nepreemptivní	P(r) = r	Náhodně
SJF	Nepreemptivní	P(t) = -t	Náhodně
SRT	Preemptivní (při příchodu úlohy)	P(a,t) = a-t	FIFO nebo náhodně
MLF	nepreemptivní	Viz popis ☺	FIFO v rámci fronty

r celkový čas strávený úlohou v systému
t předpokládaná délka běhu úlohy
a čas strávený během úlohy v systému