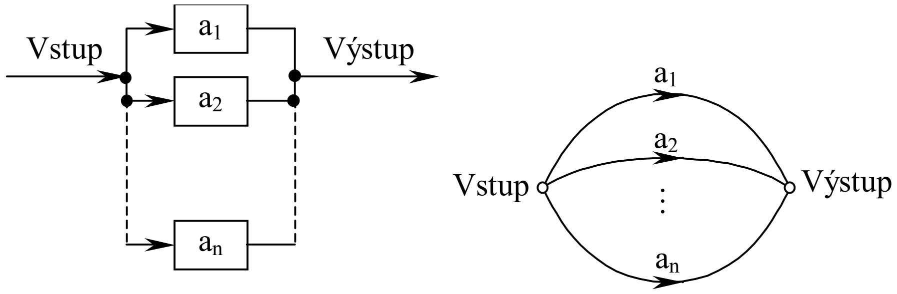
## Paralelní soustava




obrázek 1: Blokové schéma a graf paralelní soustavy

- paralelní soustava je v bezporuchovém stavu <=> je-li v bezporuchovém stavu ∃ prvek (tzv. nadbytečné spojení => zvýšení spolehlivosti)
- <u>pravděpodobnost bezporuchového stavu:</u> (sjednocení jevů bezporuchovosti)

$$R = P(x_1+x_2+x_3+ \dots +x_n)$$

analogicky jako u sériové soustavy rozvinutím pravé strany rovnice:

$$R = P(x_1) + P(x_2) + ... + P(x_n) - [P(x_1, x_2) + P(x_1, x_3) + ...$$

$$... + P(x_i, x_j)] + ... + (-1)^{n-1} P(x_1 x_2 ... x_n)$$

$$i \neq j$$

- porucha paralelní soustavy nastane, když nastane porucha všech prvků:
  průnik jevu poruchy $Q = P(\bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_3 ... \bar{x}_n)$
  <u>při závislých jevech:</u>

$$Q = P(x_1) \cdot P(\bar{x}_2 | x_1) \cdot P(\bar{x}_3 | \bar{x}_1 x_2) ... P(\bar{x}_n | \bar{x}_1 x_2 ... x_{n-1})$$

  <u>při nezávislých jevech:</u>

$$Q = \prod_{i=1}^{n} P(\bar{x}_i)$$

<u>Závěr:</u>

- bezporuchovost paralelní soustavy je vždy **lepší** než bezporuchovost nejméně spolehlivého prvku
- pro paralelní soustavu ze shodných prvků (nezávislých):

p. poruchy.: $Q = q^n = (1-p)^n$

p.bezp.: $Q = (1-q^n) = 1-(1-p)^n$

<u>Kombinované soustavy:</u>

- řešení složitých soustav
  (1) převod na kombinaci <u>sériových</u> a paralelních soustav – RYCHLÉ
  (2) částečný převod dle (1) následovaný specifickým výpočtem pro nepřevoditelnou část dle (1)

! viz tabulka násl. str. (slajd 49, kopie ze skript)

DALŠÍ TYP SOUSTAVY

soustava typu "m z n"

- n prvků soustavy
- ke správné funkci nutno m správně pracujících prvků

Př. 1: lano spletené z n vláken, k dosažení nosnosti je třeba minimálně m<n vláken nenarušených

Př. 2: (soustava "m z n")
skupina vodáren pramenících do společné rozvodné sítě

↳
- model soustavy má $\binom{h}{m}$ paralelních spojení vstup → výstup
- v každém spojení je m-prvků v sérii (jedna kombinace / výběr z n prvků)

- Soustava je ve stavu bez poruchy <=> alespoň jedno spojení je funkční
- Situace se shodnými prvky jež jsou nezávislé => binomické rozdělení

tj. prevděp. bezporuch. provozu:

pravděp. bezp. p. prvku

$$R = \sum_{k=m}^{n} f(k, n, p) \qquad k = m, m+1 \ldots n$$

limitní případy: pro $\boxed{m = 1}$ (aspoň jeden z n) ≡ čistě paralelní soustava

pro $\boxed{m = n}$ (všechny z n) ≡ sériová soustava

# Řešení soustav metodou seznamu:

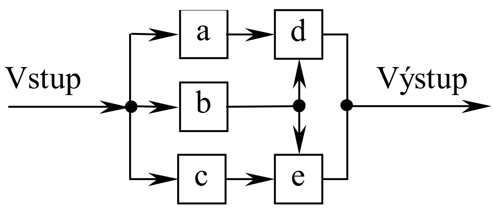
Princip: (1) Sestavení seznamu všech možných (logických) událostí
(3) V seznamech jsou izolované jevy

příznivé a nepříznivé

Σ pravděp. všech příznivých jevů (stav provozu)

Σ pravděp. všech nepříznivých jevů (stav poruchy)

Př:




obrázek 2 Blokové schéma soustavy

- počet prvků soustavy = 5 => $2^n = 2^5 = 32$ jevů
- rozdělení do skupin dle počtu pevných prvků:

žádná porucha $\binom{5}{0}$ jevů

jedna porucha $\binom{5}{1}$ jevů

vše v poruše $\binom{5}{5}$ jevů

tj.

| | | Nepříznivý výsl. poruch. stav |
|---|---|---|
| Skup. 0 | $A_1 = abcde$ | ne |
| Skup. 1 | $A_2 = \overline{a}bcde$ | ne |
| | $A_3 = a\overline{b}cde$ | ne |
| | $A_4 = ab\overline{c}de$ | ne |
| | $A_5 = abc\overline{d}e$ | ne |
| | $A_6 = abcd\overline{e}$ | ne |
| Skup. 2 | $A_7 = \overline{ab}cde$ | ne |
| | $A_8 = \overline{a}b\overline{c}de$ | ne |
| | $A_9 = \overline{a}bc\overline{d}e$ | ne |
| | … | … |
| Skup. 4 | $A_{27} = a\overline{bcde}$ | ano |
| | $A_{28} = \overline{a}b\overline{cde}$ | ano |
| | $A_{29} = \overline{ab}c\overline{de}$ | ano |
| | … | … |
| | $A_{31} = \overline{abcd}e$ | ano |
| Skup. 5 | $A_{32} = \overline{abcde}$ | ano |

<u>Celkem vyjde:</u>

Porucha: 13 kombinací

Bezp. stav: 19 kombinací

tabulka 1

tedy pravděpodobnost poruchy soustavy:

$$Q = P(A_{16} + A_{17} + A_{18} + A_{20} + A_{21} + A_{24} + A_{26} + A_{27} + A_{28} + A_{29} + A_{30} + A_{31} + A_{32})$$

- protože $A_1$ až $A_{32}$ se vzájemně vylučují =>

P sjednocení těchto jevů ~ Σ pravděpodobností

tj. $R = 1 - Q = 1 - [P(A_{16}) + P(A_{17}) + ... + P(A_{32})]$

Σ pouze nepříznivé a nezávislé jevy – viz. tabulka

dle předchozí rce.

<u>Speciálně:</u> shodné prvky soustavy

p … bezporuchový provoz

$$R = 1 - Q = 1 - [p^3(1-p)^2 + 6p^2(1-p)^3 + 5p(1-p)^4 + (1-p)^5]$$

Pozn.: (1) Pravděp. bezporuchového provozu lze též spočítat přímo
R=P(sjednocení jevů bezpor. provozu)
(2) v praxi se volí výpočet P nebo Q dle toho, co je jednodušší – menší počet posloupnosti

Nevýhoda postupu: kombinatorická exploze pro větší počty prvků soustavy

## Řešení soustav metodou drah a řezů:

- vhodné pro výpočty složitých soustav s nezávislostí poruch
- vychází se z grafu soustavy
  - graf má min. tolik hran, kolik je prvků soustavy
  - nejednoznačná konstrukce grafu (více řešení)

Definice: monotónní sled (hran) ~ posloupnost hran, ke které lze nalézt takovou posloupnost uzlů, kdy aktuální uzel je vstupním uzlem hrany (sledu) a následující je výstupním uzlem sledu.

Definice 1: jsou-li všechny uzly ve sledu různé => jsou též všechny hrany různé a sled se nazývá dráha. (prochází každým uzlem nejvýše jednou)

Lemma: dráha je minimálním sledem (obsahuje minimální počet hran)

Definice 2: **hranový řez (řez)** grafu je množina hran, z níž je vždy aspoň jedna hrana obsažena v každé dráze mezi dvěma uzly (zvolenými, zde vstup-výstup)

**Tedy řešení soustavy:**

Nechť: i … drah mezi vstupem a výstupem

$\Downarrow$

$\exists$ spojení mezi vstupem a výstupem je-li aspoň jedna dráha funkční

Nechť: $T_1$ … $T_i$ jsou bezporuchové stavy drah 1 … i
Pravděpodobnost bezporuchového stavu soustavy je:

$$R = P(T_1 + T_2 + ... + T_i)$$

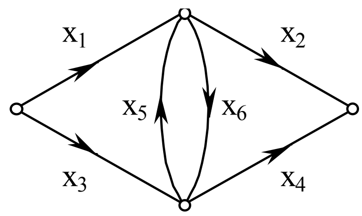
- Naopak, porucha nastane odstraněním aspoň jednoho minimálního řezu.

Mějme soustavu s j … minimálními řezy
jim příslušné bezporuchové stavy $C_1, C_2, ... C_j$
poruchy min. řezů $\overline{C}_1, \overline{C}_2, ... \overline{C}_j$

Pravděpodobnost poruchy: $Q = P(\overline{C}_1, \overline{C}_2, ... \overline{C}_j)$

**Metoda drah a řezů – příklad:**

Mějme soustavu: 6 prvků ~ 6 hran




Sledy soustavy: $T_1=x_1x_2$ $T_4=x_3x_5x_2$

$T_2=x_3x_4$ $T_5=x_1x_5x_6x_2$

$T_3=x_1x_6x_4$ $T_6=x_3x_5x_6x_4$

Sledy $T_1$, $T_2$, $T_3$ a $T_4$ jsou také dráhy.
Sledy $T_5$ a $T_6$ nejsou dráhy (prochází 2x uzlem)
z rovnice pro R =>

$$R = P(T_1 + T_2 + T_3 + T_4) = P(x_1x_2 + x_3x_4 + x_1x_6x_4 + x_3x_5x_2)$$

- Porucha řezu ~ všechny prvky odpovídající hranám řezu mají poruchu
- Bezporuchový stav řezu ~ aspoň jeden prvek odpovídající hranám řezu pracuje bez poruchy

některé řezy soustavy jsou:

$C_1=x_1x_3$ $C_2=x_2x_4$ $C_3=x_1x_5x_3$
$C_4=x_1x_5x_4$ $C_5=x_3x_6x_1$ $C_6=x_3x_6x_2$

$C_1$, $C_2$, $C_4$, $C_6$ – jsou minimální řezy
$C_3$, $C_5$ – nejsou minimální (obsahují $C_1$)

z předchozí rovnice (str. 5) =>
pravděp. poruchy:

$$R = 1 - Q = 1 - P(\overline{C}_1, \overline{C}_2, \overline{C}_4, \overline{C}_6) =$$
$$= 1 * P(x_1x_3 + x_2x_4 + x_1x_5x_4 + x_3x_6x_2)$$

Problémy:

(1) nalezení všech drah a minimálních řezů je komplikované u složitých soustav => algoritmizace
(2) špatná identifikace minimality řezu nevede k nesprávnému výsledku (prodlouží ale výpočet)
(3) rozvoj pravděpodobnosti sjednocení jevů, jež se nevylučují je složitý

$\downarrow$

zjednodušení pro jevy vzájemně se vylučující => prostý součet pravděpodobnosti

Přípustnost zjednodušení:

pro velmi pravděp. výskytu jevů

pro velmi malé pravděp. bezporuchového provozu — nebo — pro velmi velké pravděp. bezporuch. provozu

…> neboť pravděpodobnost sjednocení 3 jevů A, B, C má rozvoj:

$$P(A+B+C)=P(A)+P(B)+P(C)-P(AB)-P(AC)-P(BC)+P(ABC)$$

jestliže ABC se vzájemně vylučují => vyloučení kompozitních členů ze vzorce výše

- lze ukázat, že platí (obecně pro A, B, C): $P(A+B+C)\le P(A)+P(B)+P(C)$

horní mez pro případ nezávislosti jevů

tedy je-li $P(T_i) \rightarrow 0$ platí:

dvoustranný odhad R

bezpor. stav $R \le \sum_i P(T_i) \leftarrow$ dráhy

pravděp. por. $Q \le \sum_i P(C_i) \leftarrow$ řezy

horní odhad

tedy: $R \ge 1-\sum_i P(\overline{C}_i)$

dolní odhad

Př.: viz. str. 5, všechny prvky soustavy nechť jsou shodné, pravděp. bezporuchového stavu p

potom (odhady):

**Chyba! Objekty nemohou být vytvořeny úpravami kódů polí.**

## ***Soustavy prvků s více stavy***

- dosud předpoklad: soustava ve dvou možných stavech

porucha — normální provoz

- obecnější situace: normální provoz / porucha

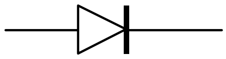
různého typu

př. 1.: polovodičová dioda — zkrat / přerušení

př. 2.: tranzistor – kombinace zkratu a přerušení CB, BE přechodů

př. 3.: poruchy tolerančního typu (různá toleranční pole a jejich kombinace) => třída poruch => poruchový stav prvku

<u>př.</u> 4.:



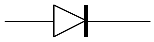
bezporuchový stav: x

zkrat: $\bar{x}_S$

přerušení: $\bar{x}_0$

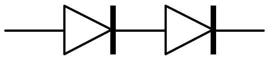
vzájemně se vylučují; aspoň jeden nastane

$$P(x + x_S + x_0) = P(x) + P(x_S) + P(x_0) = 1$$

a) pravděpodobnost bezporuchového stavu jedné diody: 

$$P(x) = 1 - P(\bar{x}_S + \bar{x}_0) = 1 - P(\bar{x}_S) - P(\bar{x}_0)$$

b) soustava 2 diod v sérii:



1 2

Soustava v bezpor. stavu: 1) obě diody O.K.

2) jedna z diod zkrat

poruchový stav: 1) obě diody zkrat

2)aspoň jedna dioda přerušena

<u>tedy:</u> dráhy soustavy (příznivé kombinace):

$x_1 x_2$

$x_1 \bar{x}_{2S}$

$\bar{x}_{1S} x_2$

řezy soustavy (nepříznivé případy)

$x_1 \bar{x}_{20}, \bar{x}_{1S} \bar{x}_{2S}, \bar{x}_{1S} \bar{x}_{20}, \bar{x}_{10} x_2, \bar{x}_{10} \bar{x}_{2S}, \bar{x}_{10} \bar{x}_{20}$

pravděpodobnost bezporuchového stavu (pomocí drah):

$$R = P(x_1 x_2 + x_1 \bar{x}_{2S} + \bar{x}_{1S} + x_2)$$

nebo (pomocí řezů)

$$R = (1 - P(x_1 \bar{x}_{20} + \bar{x}_{1S} \bar{x}_{2S} + \bar{x}_{1S} \bar{x}_{20} + \bar{x}_{10} x_2 + \bar{x}_{10} \bar{x}_{2S} + \bar{x}_{10} \bar{x}_{20})$$

<u>úpravou:</u>

pravděp. poruchy zkratem

$$R = p^2 + 2pq_S$$

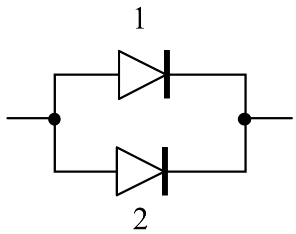
pravděp. bezpor. provozu

kde současně:

$$p + q_S + q_0 = 1$$

pravděp. poruchy přerušením

c) 2 diody paralelně:




dráhy: $x_1 x_2, x_1 \overline{x}_{20}, \overline{x}_{10} x_2$

$$R = P(x_1 x_2 + x_1 \overline{x}_{20} + \overline{x}_{10} x_2)$$

pro poruchy nezávislé, obě diody shodné (dosazením):

pravděp. poruchy přerušením

$$R = p^2 + 2pq_0$$

<u>Pozn.:</u>

- ► použitelné i pro více stavů prvků
- ► obtížná konstrukce grafů pro více prvků
- ► jednodušší je přímá tvorba drah a řezů

## *Soustavy s časově závislými pravděpodobnostmi poruch*

<u>kroky:</u>
1. odvození výrazu pro pravděpodobnost bezporuchového provozu soustavy
2. dosazení příslušného zákona rozdělení poruch za pravděpodobnosti poruch prvků

<u>Varianty:</u>
1. poruchy jsou nezávislé jevy – jednoduché (aproximační postupy pro velká R)
2. poruchy jsou závislé jevy:

$\Downarrow$

► není možné rozdělit (izolovat) vliv <u>**struktury**</u> soustavy a podíl bezporuchovosti prvků (s její závislostí) na výslednou poruchovost soustavy

řešení pomocí
- ► sdružených hustot pravděp. z distr. funkcí
- ► stochastické (Markovovy) modely

<u>Sériová soustava</u> (časově závislé pravděpodobnosti)

- celá soustava funkční $\overset{df}{\Longleftrightarrow}$ všechny prvky funkční
- soustava n – nezávislých prvů:

$$R(t) = \prod_{i=1}^{n} P(x_i)$$

nechť prvky soustavy mají exp. rozdělení poruch

$$P(x_i) = \exp(-\lambda_i t)$$

$\Downarrow$ *dosazením*

často užívaná rce $R(t) = \prod_{i=1}^{n} \exp(-\lambda_i t) = \exp(-\sum_{i=1}^{n} \lambda_i t)$

pozn.: 1. rozdělením poruch sériové soustavy je rovněž exp. s intenzitou poruch

$$\lambda = \sum_{i}^{n} \lambda_i$$

⇨ soustavy s větším počtem prvků je vhodné seskupit do podsoustav se shodnou (podobnou) intenzitou poruch => hierarchický výpočet na 2 úrovních

2. časté použití Wzibullova rozdělení pro sériovou soustavu (poč. (m<1) + norm. (m>1) provoz)

$$R(t) = \prod_{i=1}^{n} \exp(-\frac{t^m}{t_{0i}})$$

Paralelní soustava:

- bezporuchový provoz $\overset{\text{df}}{\Longleftrightarrow}$ aspoň jedna cesta funkční (nenastane současně **porucha** všech prvků)

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} P(\overline{x_i})$$

- při exp. rozdělení poruch $P(x_i) = 1 - \exp(-\lambda_i t)$

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - \exp(-\lambda_i t))$$

- pro Weibullovo rozdělení: $P(x_i) = 1 - \exp(-\frac{t^m}{t_0})$

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - \exp(-\frac{t^m}{t_0}))$$

Pozn.:
- sériová soustava → dolní mez bezporuchovosti
- paralelní soustava → horní mez bezporuchovosti
  => pro soustavy složené z daných prvků
- složitý výpočet bezporuchovosti použitím zákonů rozdělení poruch => zjednodušení: provádění výpočtu pro krátký časový interval ( $R(_\Delta t) \to 1$ )
- náhrady složitých funkcí Taylorovým rozvojem
- ! často stačí k charakterizaci bezporuchovosti střední doba bezporuchového provozu

$$T_S = \int_0^\infty R(t)\,dt$$

pro sériovou soustavu:

exp. rozdělení: $T_S = 1 \Big/ \sum_{i=1}^{n} \lambda_i$

Weibullovo rozdělení: $T_S = \Gamma(\frac{1}{m} + 1) \cdot \sum_{i=1}^{n} (\frac{1}{t_{0i}})^{-\frac{1}{m}}$

pro paralelní soustavu (složitější):

► exp. rozdělení:

(2 prvky paralelně): $T_S = \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2}$

(n – prvků paralelně):

$$T_S = \left( \frac{1}{\lambda_1} + \frac{1}{\lambda_2} + \frac{1}{\lambda_3} \dots \frac{1}{\lambda_n} \right) -$$

$$- \left( \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2} + \frac{1}{\lambda_2 + \lambda_3} + \dots + \frac{1}{\lambda_{n-1} + \lambda_n} \right) +$$

$$+ \left( \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3} + \dots + \frac{1}{\lambda_{n-2} + \lambda_{n-1} + \lambda_n} \right) +$$

$$+ (-1)^{n-1} \frac{1}{\sum_i^n \lambda_i}$$

► pro shodné prvky a exp. rozdělení: $(\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n) = \lambda$

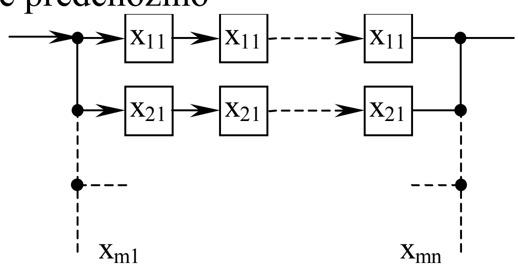
$$T_S = \frac{1}{\lambda} \left[ \frac{\binom{n}{1}}{1} - \frac{\binom{n}{2}}{2} + \frac{\binom{n}{3}}{3} - \dots + (-1)^{n+1} \frac{\binom{n}{n}}{n} \right]$$

Pozn.: prakticky proveditelný je analytický výpočet pro exp. rozdělení a sériovou nebo paralelní soustavu – jiná rozdělení nebo struktura soustav je jen <u>obtížně</u> řešitelná !

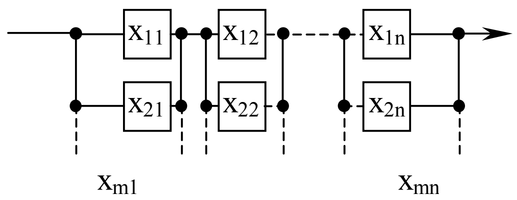
### *Soustavy se zálohováním*

- zvětšování spolehlivosti → zálohování soustav (nebo jejich částí)
- druhy zálohování: — stálé
  — s přepínáním
  — majoritní

1. <u>Stálé zálohování:</u> (se zatíženou zálohou, paralelní zálohování)
   - obvyklý typ poruchy – "přerušení" => vytvoření náhradních cest (paralelně)
   - obvyklý typ poruchy – "zkrat" => záloha se připojuje do série
   - kombinace předchozího




obrázek 3 zálohování sériové soustavy (celku)




obrázek 4 Zálohování prvků sériové soustavy

<u>předpoklad:</u> sériová soustava složená ze shodných prvků (nezávislých), pravděpodobnost bezporuchového provozu <u>p</u>

zálohování soustavy jako celku:

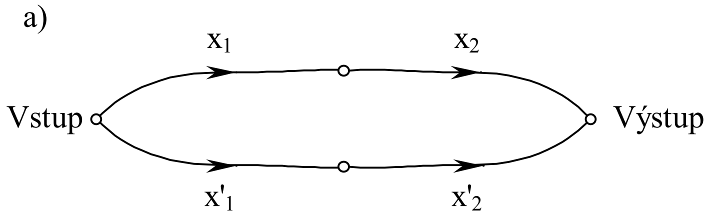
$$R = 1 - \left(1 - p^n\right)^m$$

paralelní zálohování jednotlivých prvků:

$$R = \left[1 - \left(1 - p\right)^m\right]^n$$

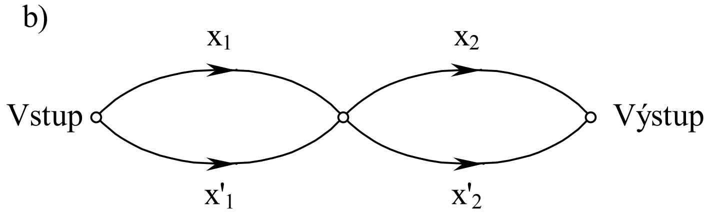
situace se 2-ma prvky (zálohování soustavy (a), prvků (b))

a)




$$R_a = 2p^2 - p^4 = p^2\left(2 - p^2\right)$$

b)




$$R_b = p^2\left(2 - p\right)^2$$

utvoříme poměr: $\dfrac{R_b}{R_a}$

$$\frac{R_b}{R_a} = \frac{\left(2 - p\right)^2}{2 - p^2} = 1 + \underbrace{\frac{2\left(1 - p\right)^2}{2 - p^2}}_{> 0} \quad 0 < p < 1$$

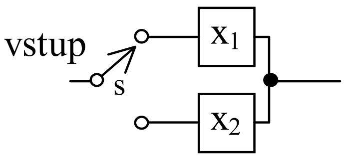
z předchozího plyne, že $\dfrac{R_b}{R_a} > 1$ => paralelní záloha prvků je výhodnější

<u>pozn.:</u>

- předchozí lze zobecnit pro n, m prvků v sérii a paralelně
- <u>zálohování prvků je výhodnější </u>(platí pro prvky se dvěma stavy, porucha = přerušení)

! obecná situace může vést i <u>k opačnému závěru</u>

2. Zálohování přepínáním (zálohování s okamžitou obnovou) – při poruše prvku se nahradí – přepne bezchybný prvek)




předpoklad: soustava z **m** **shodných** a **nezávislých** prvků, jež nestárnou => Poissonovo rozdělení

$$f(m;a)=\frac{a^m}{m!}\exp(-a) \qquad m=0,1,2,...$$

situace pro 2 prvky (tedy žádná nebo jedna porucha) odpovídá řešitelné situaci

$$R_Z=\exp(-a)+a\cdot\exp(-a)=(1+a)\exp(-a)$$

- je-li pravděpodobnost bezporuchového provozu p => dle Poissonova rozdělení ~ pravděpodobnosti nulového počtu poruch (m=0) =>

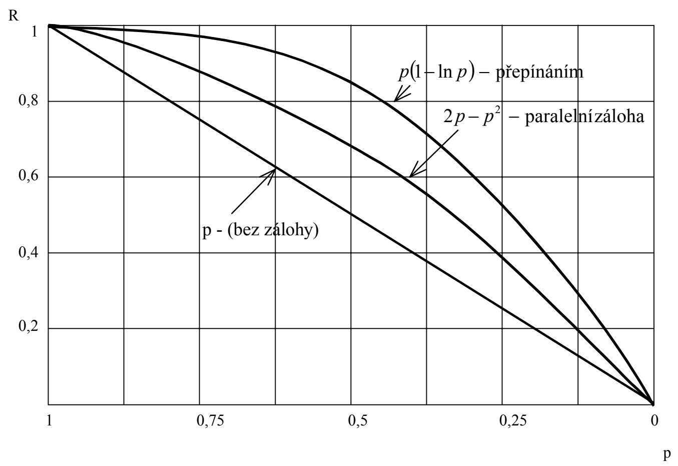
$$P=\exp(-a)$$

$$\downarrow$$

$$a=\ln(p)$$

dosazením: $R_Z=(1-\ln p)$

porovnání:




obrázek 5 Porovnání zálohování s přepínáním paralelního zálohování a základní soustavy

Pozn.: Paralelní zálohování je horší než zálohování přepínáním. (v paralelním systému pracuje vše společně => větší naděje na poruchu záložní soustavy)

doba do poruchy
- paralelní zál. ~ max. (doba do poruchy prvku, doba do poruchy zálohy)
- přepínáním ~ součet dob obou prvků (záložní + provozní)

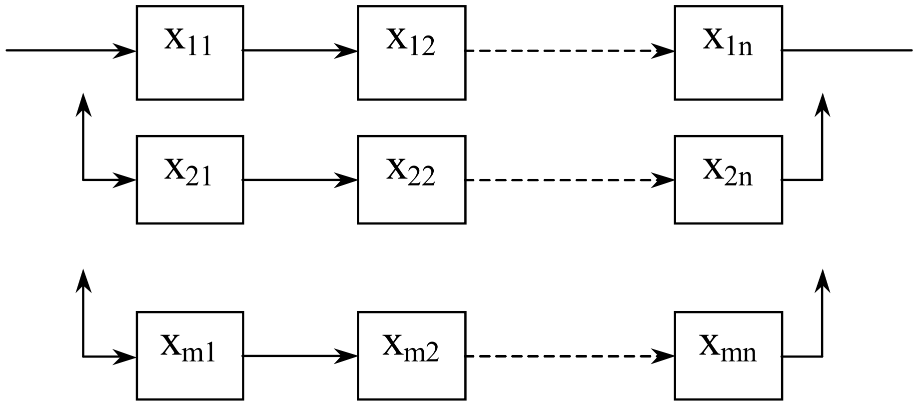
- při exp. rozdělení poruch prvků $P(x_1)=P(x_2)=\exp(-\lambda t)$:

přepínání: $R_Z = (1+\lambda t)\exp(-\lambda t)\cdot P_{přep}$

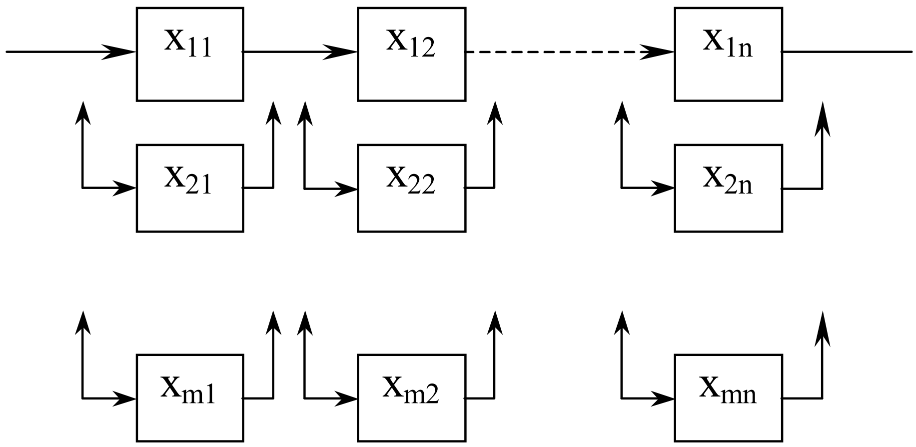
paralelní záloha: $R_Z = 2\exp(-\lambda t) - \exp(-2\lambda t)\cdot P_{přep}$

- vliv poruchy přepínače **!** => pravděp. bezpor. provozu na pravou stranu rce.
  => (selže přepínač => selže soustava) ← <u>není přesné</u>
  1. selhání přepínače je podmíněno selháním soustavy
  2. přepínač selhává právě při přepnutí

a)




b)




Zálohování s přepínáním a) sériové soustavy
b) prvků sériové soustavy

<u>Pozn.:</u> při ideálním přepínači (a omezeném počtu záloh) je výhodnější zálohovat <u>jednotlivé prvky soustavy</u> než celou soustavu jako celek

<u>pozn.:</u>
- zálohování přepínáním s pohyblivou zálohou – umožňuje náhradu více než jednoho prvku
- výpočty složitějších soustav (než s konstantními bezporuchovostmi prvků) jsou neúnosně složité => užití statistického modelování, Markovových modelů (dále)

3. Majoritní zálohování:

- zlepšení poruchovosti diskrétních (digitálních) systémů … (na rozdíl od analogového syst. může nastat libovolný výstup i při nulovém vstupu)!

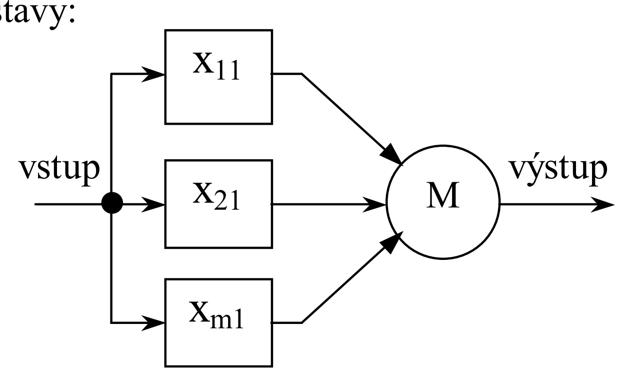
  $\downarrow$

  zálohování digitálních systémů musí zlepšit bezporuchovost při všech stavech na výstupu

  $\Downarrow$

  výpočet majority z lichého počtu výstupů soustav (shodných)

nechť 3 soustavy:




obrázek 6 Majoritní zálohování

nechť majoritní člen je bezporuchový a $x_1$, $x_2$, $x_3$ shodné:

z binomického rozdělení:

$$R_3 = p^3 + 3p^2(1-p) = p^2(3-2p)$$

$\uparrow$ pravděp. bezporuch. provozu jednotl. soustav

pro obecnou majoritu z (2n+1) je: $n \in N$

$$R_{2n+1} = \sum_{i=n+1}^{2n+1} \binom{2n+1}{i} p^i (1-p)^{2n+1-i}$$

- porovnání pravděp. bezporuchového provozu jedné soustavy $R_1 = p$ a $R_3 = p^3 + 3p^2(1-p)$

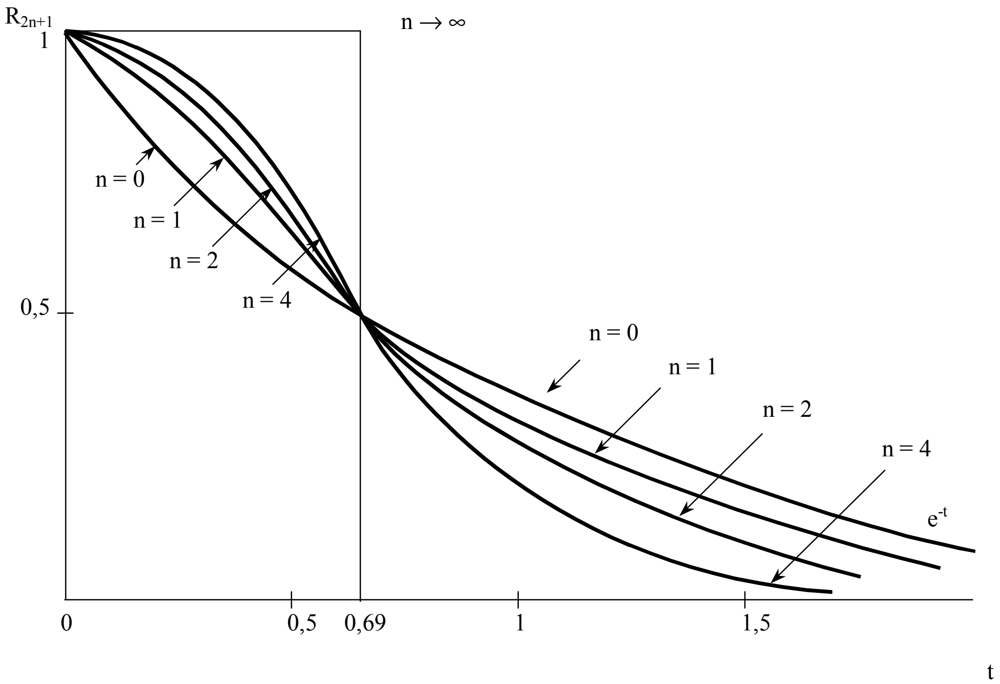
  poměr $\dfrac{R_3}{R_1} = p(3-2p)$ viz. obr. dále str. 17

  $$\frac{R_3}{R_1} > 1 \quad \Leftrightarrow \quad p > 0{,}5$$

- tedy majoritní zálohování zlepšuje pravděp. bezporuchového provozu, má-li každá soustava pravděp. bezporuchového provozu p>0,5.
- uvážením poruchovosti majoritního členu se násobí pravá strana rovnice pro $R_{2n+1}(R_3)$ => předchozí podmínka se modifikuje

Obr.:

Majoritní zálohování s exp. rozdělením $p = \exp(-\lambda t)$ kde $\lambda = 1$


$R_{2n+1}$
1
0,5
$n \to \infty$
n = 0
n = 1
n = 2
n = 4
n = 0
n = 1
n = 2
n = 4
$e^{-t}$
0
0,5
0,69
1
1,5
t