

# Technická diagnostika

**Úvod: Diagnostika z gr. dia - skrz, qnosis - poznanie)**

**TD - určovanie racionálnych postupov pre zisťovanie stavu skúmaného systému.**

Sčítačka 32 - bitová - paralelná

$2^{64}$  vstupných kombinácií

pri  $10^6$  komb/s  $1,8 \cdot 10^{13}$  s t.j. viac než pol milióna rokov

kapacita pamäte na uloženie testu  $2^{20}$  slabík t.j. bilión diskov á 200 MB

pri znalosti **štruktúry pre testovanie stačí 8 - 10 kombinácií**

štruktúrne metódy Eldred 1959

## **Základné pojmy**

**Diagnostický objekt (DO)** - ľubovoľne veľký objekt, ktorý je predmetom štúdia TD (LČ, IO, doska, blok, jednotka, ČP .....)

**Testovaná jednotka (TJ)** - menší DO.

**Základná úloha TD** - zistenie technického stavu DO t.j. súboru hodnôt charakterizujúcich podstatné vlastnosti funkčných častí DO v určitom časovom okamžiku.

**Stavy - bezporuchový:** systém je schopný v nasledujúcom čase plniť predpísanú funkciu

**poruchový** - v opačnom prípade

**Porucha** - ukončenie schopnosti systému plniť požadovanú funkciu podľa technických podmienok (TP)

.

**Detekcia poruchy** - rozlíšenie poruchového od bezporuchového  
(prevádzky schopného stavu)

**Lokalizácia poruchy** - rozlíšenie skupín poruchových stavov

**Diagnostický test** číslícového systému - množina dvojíc vzájomne priradených kombinácií hodnôt vstupných a výstupných premenných

**Krok testu** - jedna dvojica kombinácií hodnôt vstupných a výstupných premenných

**Dĺžka testu** - počet krokov testu

**Diagnostické pokrytie** - počet porúch detegovaných (pokrytých) testom

**Úplný test** - jeho diagnostické pokrytie je 100%

**Iredundantný test** - úplný test, ktorého žiadna vlastná časť už nie je úplným testom

**Minimálny test** - úplný test s najmenším počtom krokov testu

**Triviálny test** – obsahuje  $2^n$  kombinácií hodnôt pre  $n$  vstupných premenných. Vstupná postupnosť - dá sa generovať - výstupná postupnosť sa zaznamenáva na médium alebo sa generuje iným obvodom - etalónom

**Nezávislý test** - vstupná postupnosť nie je závislá od odozvy na výstupe z DO. Je určená vopred a vykonáva sa celá  
– na vyhodnotenie testu sa využíva slovník porúch

**Závislý test** - výber nasledujúceho kroku testu je v závislosti od výsledku predchádzajúceho kroku resp. predchádzajúcich krokov  
– na vyhodnotenie testu sa využíva lokalizačný strom

**Statický test** - kontroluje hodnoty v ustálenom stave

**Dynamický test** - kontroluje i dynamické závislosti.

## Poruchy v číslicových systémoch

**Fyzikálna porucha (FP)** špecifikácia zmeny parametrov v LO, zmena fyzikálnych parametrov log. obvodov, ktoré prekračujú hranicu udanú technickými podmienkami (TP)

**Logická porucha** - popis FP pomocou hodnôt log. premenných

**Voľba modelu poruchy** - združovanie porúch do určitých kategórií a voľba vhodnej reprezentácie

**Trvalá nula (t0)** - prerušenie vodiča privádzajúceho signál do miesta poruchy a jeho náhrada zdrojom signálu zodpovedajúceho log. 0

**Trvalá jednotka (t1)** - prerušenie vodiča privádzajúceho signál do miesta poruchy a jeho náhrada zdrojom signálu zodpovedajúceho log. 1

**Skratky medzi signálovými vodičmi sa prejavujú pri rozdielnych hodnotách signálov.**

**4 typy chovania:**

**prevaha nuly (S0)**

**prevaha jednotky (S1)**

**prevaha vodiča A (SA)**

**prevaha vodiča B (SB)**

Vodič		Stav pri skrateg			
a	b	S0 = a.b	Sa = a	Sb = b	S1 = a+b
0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	1

Generovanie testov pre kombinačné obvody

Princíp - určenie takej vstupnej kombinácie, pri ktorej sa predpokladaná porucha prejaví zmenou hodnoty na výstupe obvodu.

Rozdelenie metód podľa

- spôsobu reprezentácie testovaného obvodu

pravdivostná tabuľka

algebraický výraz

logická schéma

- spôsobu vytvárania úplného testu

podľa jednotlivých porúch

test celého obvodu

- možnosti použitia hierarchického postupu

- vhodnosti pre rozsiahle systémy

Predpokladom úspešnosti riešenia je **znalosť štruktúry obvodu** bez ohľadu na to, či funkcia obvodu je vyjadrená pravdivostnou tabuľkou, algebraickým výrazom alebo schémou.

### **Intuitívne scitlivenie cesty**

Vychádza z logickej schémy

**Cesta** - postupnosť vodičov a logických členov v schéme, ktorá začína a končí vodičom a v ktorej každé dva po sebe nasledujúce členy sú spojené vodičom.

Cesta je **citlivá** vtedy, ak je schopná prenášať zmeny logických hodnôt zo svojho začiatku na koniec.

Blokovanie citlivej cesty môže len logický člen.

Člen AND (NAND) blokuje citlivú cestu, ak na niektorom z ďalších jeho vstupov je hodnota 0.

Člen OR (NOR) blokuje citlivú cestu, ak na niektorom z ďalších jeho vstupov je hodnota 1.

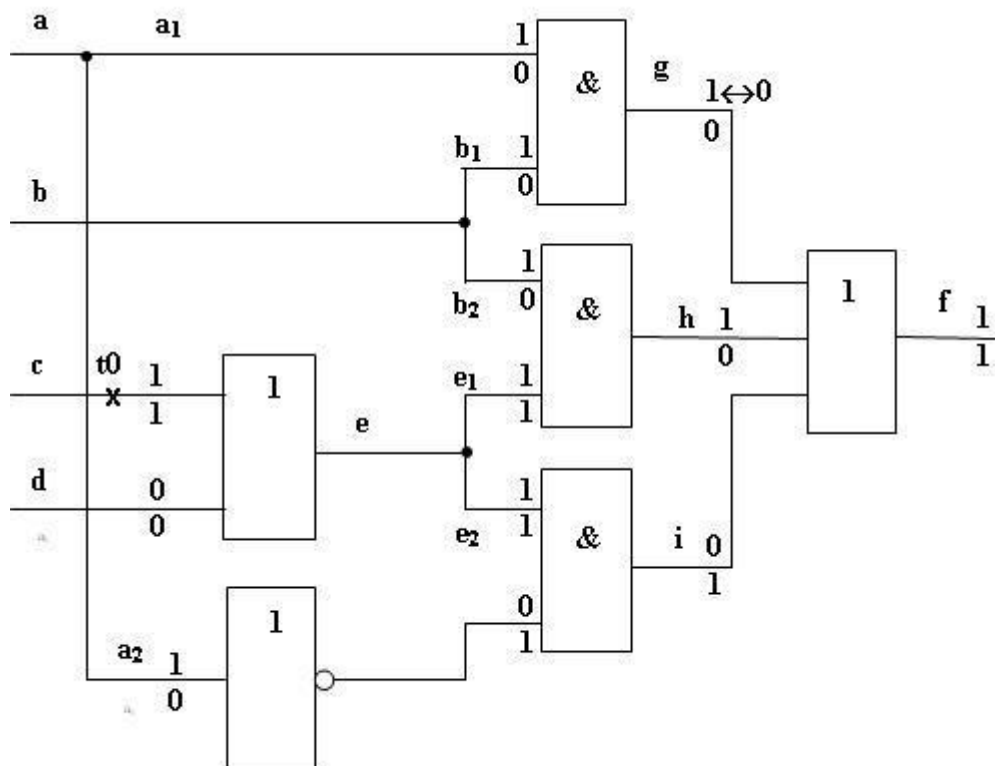
Člen NOT resp. XOR neblokuje citlivú cestu (iba ak by bol v poruche).

Postup:

1. privedenie hodnoty 1 (0) do miesta poruchy t0 (t1)
  2. zostavenie citlivej cesty z miesta poruchy na primárny výstup
  3. odvodenie hodnôt na primárnych vstupoch
- Obvody bez rozvetvenia - jednoznačný postup

s rozvetvením - možnosť postupu po viacerých cestách

možnosť vzniku protichodných požiadaviek



možnosť scitlivenia viacerých ciest naraz

rekorvergentné (zbiehajúce sa) cesty

vzájomné blokovanie rekorvergentných ciest

## Základy teórie spoľahlivosti

Spoľahlivosť – všeobecná vlastnosť (schopnosť) výrobku plniť počas stanovenej doby požadovanú funkciu pri zachovaní prevádzkových parametrov daných technickými podmienkami.  
ČSN 01 0102

-vyjadruje sa dielčimi parametrami ako:

bezporuchovosť  
životnosť  
opraviteľnosť  
pohotovosť ...

- študuje zákonitosti vzniku porúch.

### Základné ukazovatele spoľahlivosti

Pravdepodobnosť bezporuchovej činnosti  $R(t)$

- pravdepodobnosť toho, že v dobe od začiatku sledovania výrobku do okamžiku  $t$  nenastane porucha.
- zisťuje sa experimentálne štatistickým sledovaním skupiny výrobkov, ako pomer počtu neporušených výrobkov v okamžiku  $t$  k celkovému počtu sledovaných výrobkov.

Pravdepodobnosť poruchy  $Q(t) = 1 - R(t)$

- zisťuje sa ako pomer počtu porušených výrobkov v okamžiku  $t$  k celkovému počtu sledovaných výrobkov.

Hustota pravdepodobnosti porúch  $f(t)$

$$f(t) = \frac{dQ(t)}{dt}$$

- experimentálne sa približne určuje pomerom počtu novoporušených výrobkov za krátky časový úsek k celkovému počtu sledovaných výrobkov.

Relatívna početnosť porúch  $r(t)$

- pomer počtu porušených výrobkov za jednotku času k celkovému počtu sledovaných výrobkov.

Vzťah hustoty pravdepodobnosti a relatívnej početnosti porúch

$$f(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} r(t, \Delta t)$$

Intenzita porúch  $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$

-udáva podmienenú pravdepodobnosť toho, že poruche výrobku dôjde počas nekonečne malej jednotky času bezprostredne nasledujúcej po čase  $t$  za predpokladu, že do času  $t$  k poruche nedošlo.

- experimentálne sa určuje pomerom počtu novoporušených výrobkov za krátky časový úsek po čase  $t$  k počtu výrobkov neporušených do času  $t$
- udáva sa hlavne pre súčastky.

$$f(t) = - \frac{dR(t)}{dt} \rightarrow \lambda(t) = - \frac{dR(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)}$$

$$- \lambda(t) \cdot dt = \frac{dR(t)}{R(t)}$$

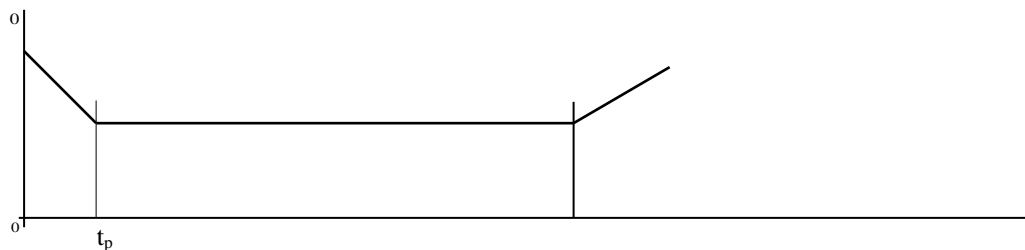
$$\ln R(t) = - \int_0^t \lambda(t) dt$$

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt}$$

Pre systémy sa udáva

- stredná doba bezporuchovej činnosti  $T_s = \int_0^{\infty} R(t) dt$
- stredná doba medzi poruchami – pre opravované systémy
- stredná doba do prvej poruchy – pre neopravované systémy

## Časová závislosť hodnôt ukazovateľov spoľahlivosti



$$\text{Ak } \lambda(t) = \lambda = \textit{konst}$$

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(t) dt} = e^{-\lambda t}$$

$$T_s = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda}$$

Exponenciálny zákon porúch – zjednodušený, jednoduchý výpočet  
Weibulov zákon porúch

$$R(t) = e^{-\frac{t^m}{t_0}}$$

$$\lambda(t) = \frac{m}{t_0} t^{m-1}$$

$t_0, m$  – parametre rozdelenia

Kombinácia zákonov rozdelenia

$$R(t) = c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t}$$

$$\lambda(t) = \frac{c_1 \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 \lambda_2 e^{-\lambda_2 t}}{c_1 e^{-\lambda_1 t} + c_2 e^{-\lambda_2 t}}$$



## Zvyšovanie spoľahlivosti použitím rezervných prvkov

Záloha:

statická – bez prepínania (stála)

dynamická – s prepínaním (substitučná)

konfiguračná – rovnaká štruktúra zálohy - funkcia vždy rovnaká

funkčná - odlišná štruktúra zálohy

Na úrovni súčiastok len statické zálohovanie- prepínače majú nižšiu spoľahlivosť

Na úrovni blokov dynamické, ale aj statické zálohovanie

Na úrovni systémov prevažuje dynamické zálohovanie

Statická redundancia

- neopravované systémy

- náklady na realizáciu nie sú prísne obmedzené

Statická redundancia na úrovni súčiastok

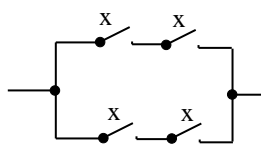
- paralelne zapojenie v zmysle spoľahlivosti

- spoľahlivé rozopnutie kontaktu - sériové zapojenie

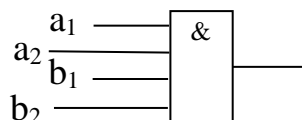
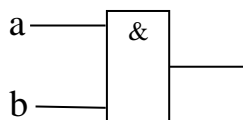
- spoľahlivé zopnutie kontaktu - paralelné zapojenie

- kombinácia - štvoricová štruktúra

Štvoricová štruktúra

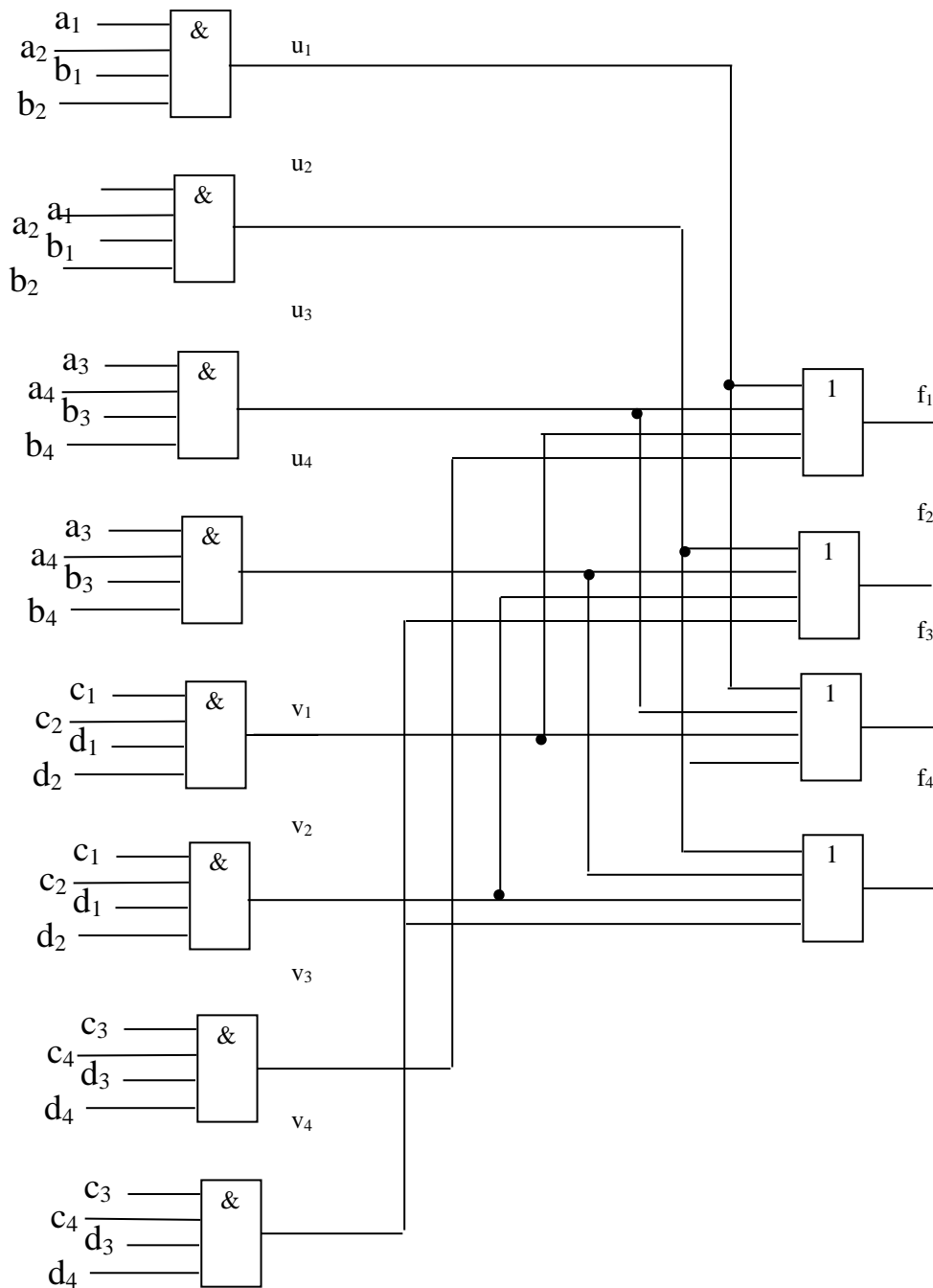


Štvoricová štruktúra spínacieho kontaktu



Zabezpečenie 2-vstupového člena AND proti poruchám t1 na vstupoch

## Štvoricová realizácia funkcie $f = ab + cd$

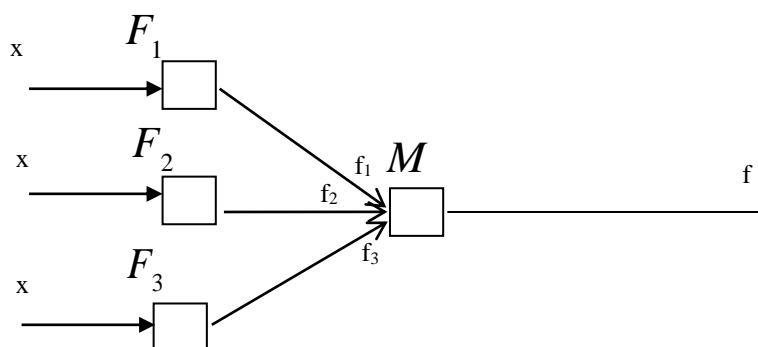


Pretkané siete - každý člen je nahradený  $k^2$  členmi s  $k$  vstupmi  
 - môže opraviť  $k-1$  súčasných porúch v sieti

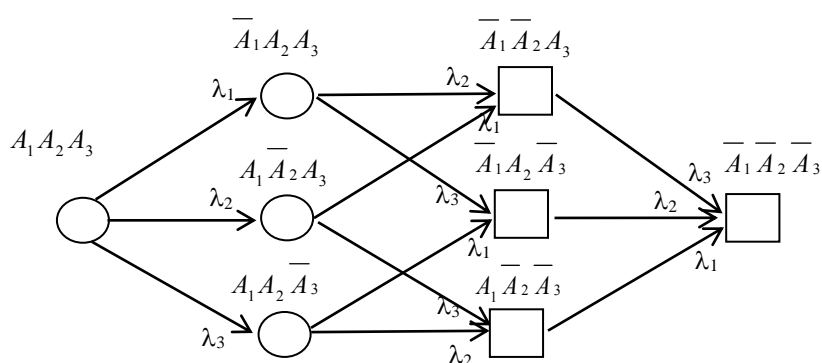
## Trojmodulárna redundancia

### Štruktúra systému TMR

$$f = f_1 f_2 \vee f_1 f_3 \vee f_2 f_3$$



### Graf technických stavov systému TMR



Graf technických stavov systému TMR

- Činnosť bezporuchová: a) všetky tri moduly pracujú správne  
 b) iba dva (ľubovoľné) moduly pracujú správne

$$R_{TMR} = R_a + 3R_b$$

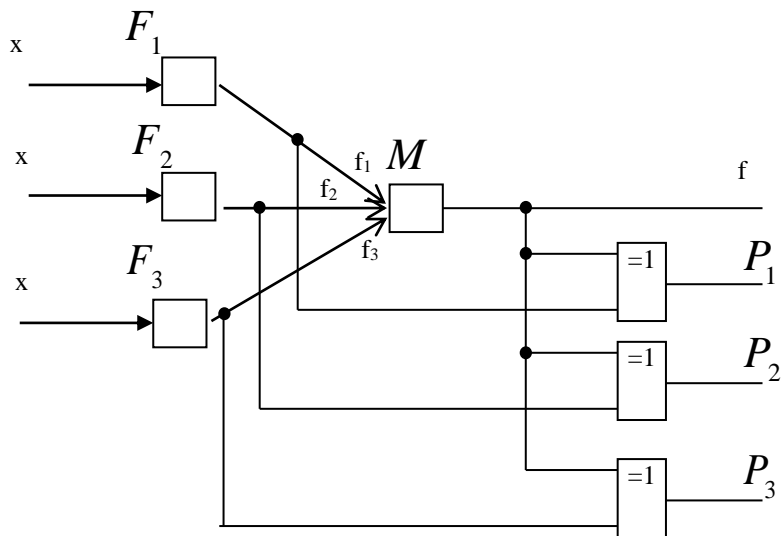
$$R_a = R^3 ; \quad R_b = R^2 Q = R^2 (1 - R) = R^2 - R^3$$

$$R_{TMR} = R^3 + 3R^2 - 3R^3 = 3R^2 - 2R^3$$

Exponenciálny zákon rozdelenia:

$$R_{TMR} = 3 e^{-2\lambda t} - 2 e^{-3\lambda t}$$

TMR / Simplex (TMR / S) - odpojenie poradového a bezporuchového modulov po vzniku poruchy



Spoľahlivosť majoritného člena sa zanedbáva

TMR 1. krát použitá v r. 1951 na VÚMS Praha pri návrhu AJ releového počítača - SAPO.

N - modulárna redundancia NMR

Dynamická záloha - zat'ažená  $R_z(t) = e^{-\lambda t}$   
 - odľahčená  $R_o(t) = e^{-\lambda(t-t_2)}$   
 - nezat'ažená  $R_n(t) = e^{-\lambda(t-t_1)}$

Spoľahlivosť prepínačov - podstatne jednoduchšie a spoľahlivejšie než systém.

Detekcia poruchy - bezpečnostné kódovanie

Statická záloha na systémovej úrovni

Všeobecná modulárna redundancia GMR