



Блок дијаграм поузданости и анализа стабла отказа – FTA

Трећа вежба

Поузданост



- Неизоставан показатељ квалитета савремених техничких система;
- Дефинише се квалитативно и квантитативно.

Поузданост је карактеристика неког производа/машине/дела да испуњава задате функције у току захтеваног времена у предвиђеним условима експлоатације.

Квалитативна дефиниција

Поузданост представља вероватноћу да ће систем успешно обавити функцију за коју је намењен без отказа и унутар дефинисаних граница перформанси и при дефинисаним условима експлоатације.

Квантитативна дефиниција



Коришћени појмови и примена

Услови експлоатације – радни услови система

- Систем се пројектује за рад у одређеној средини, односно задају му се технички захтеви с обзиром на радне услове (нивои електричних оптерећења, температура, влажност, вибрације, удари...). То значи да исти систем са истом наменом у различитим условима може да има различиту поузданост.

Вероватноћа

- Вероватноћа се изражава бројевима од 0 до 1 или у процентима од 0% до 100%. Поузданост изражена вероватноћом може да се представи као однос између успешно извршених задатака система према укупном броју задатака.
- Пример: ако је поузданост система 95%, то значи да је на 100 извршених функција систем заказао 5 пута

Примена

- **Медицина** – не само отказ, него и сама промена режима могу бити фатални;
- **Процесна, нуклеарна индустрија и термоенергетика**;
- **Комплетна авио индустрија** – као далеко најбитнији фактор узима се поузданост система. Зато је систем одржавања у авио индустрији увек RCM (одржавање засновано на поузданости);
- **Све остале индустрије које одаберу да им је поузданост приоритет** – иако последице отказа система у оквиру њих углавном нису глобалних размера, и даље су веома фокусиране на поузданост јер са неочекиваним застојима иду и огромни трошкови.

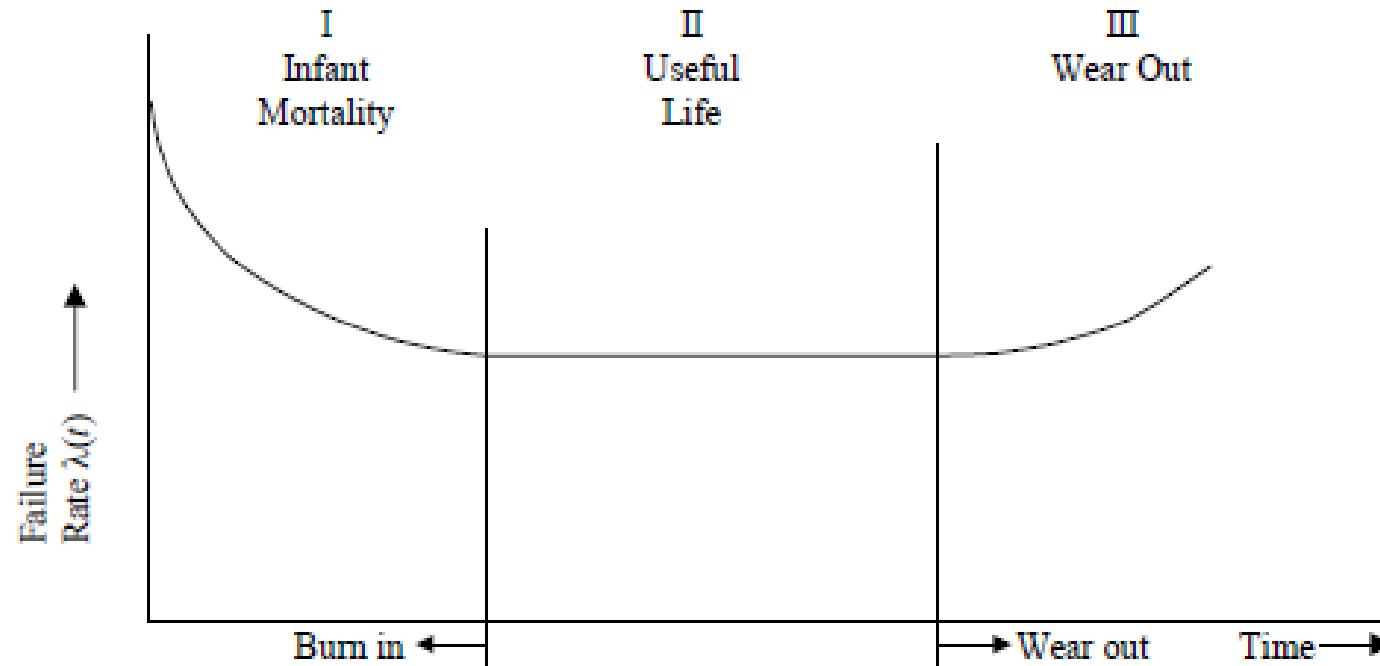


Интензитет отказа

Поузданост изражена преко интензитета отказа и времена.

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

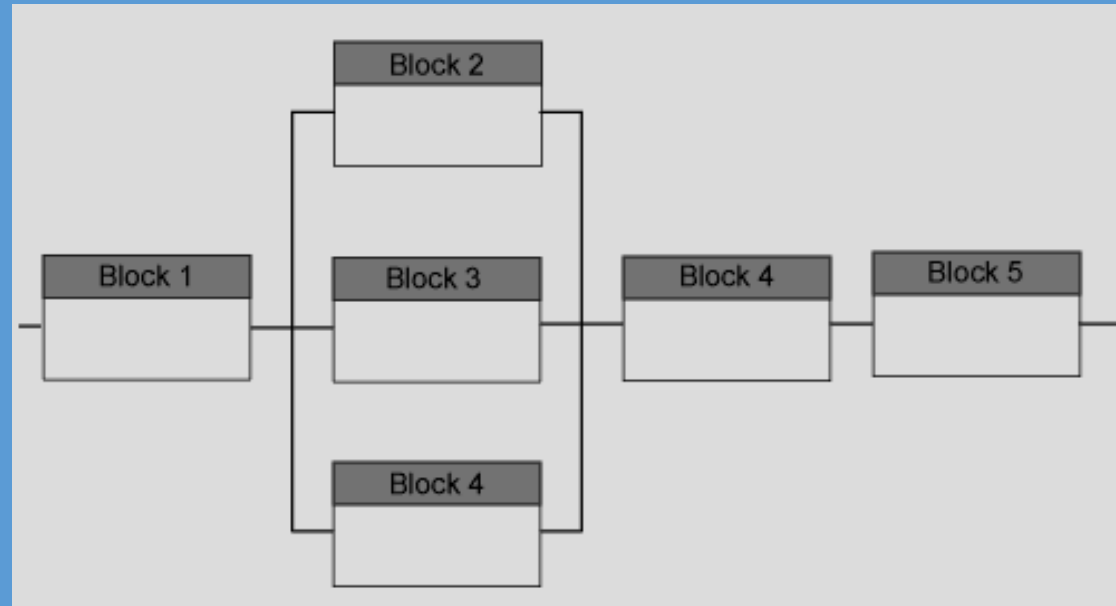
Equipment Life Periods





Блок дијаграм поузданости (Reliability Block Diagram – RBD):

- описује повезаност компоненти унутар система према поузданости и омогућава да се лакше нумерички израчуна поузданост за неки систем.
- показује како су међусобно повезане компоненте и њихов утицај на рад система. Ако је неопходно да компонента функционише исправно да би цео систем радио, тада кажемо да је компонента повезана **серијски (редно)**, а уколико је довољно да једна од више компоненти функционише исправно да би цео систем радио, те компоненте су спојене **паралелно (редундантне)** – важи за независне компоненте (оне компоненте чији квар не утиче на поузданост осталих компоненти у систему).



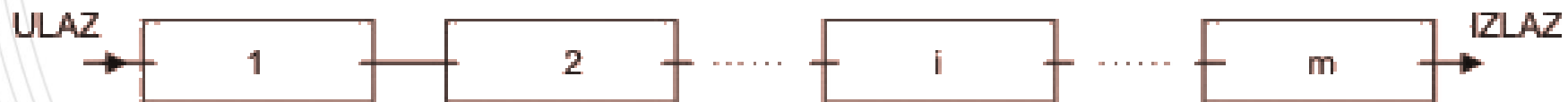


Везе елемената у блок дијаграму поузданости

1. Редна веза

Карактеристична за највећи број техничких система (осим у ваздухопловству и енергетици).

Отказ било које функционалне целине (система, подсистема, елемента) у структури изазива отказ техничког система у потпуности.





1. Редна веза – рачунање поузданости

R_s – поузданост система;
 X_i – догађај: „елемент ће радити“
 $P(X_i)$ – вероватноћа да ће елемент радити

Према квантитативној дефиницији, поузданост оваквог система би била једнака вероватноћи да ће елемент 1 радити и даћ елемент 2 радити и да ће сви елементи у систему радити.

$$R_s = P(X_1 \cap X_2 \cap \dots \cap X_n) \\ = P(X_1)P(X_2|X_1)P(X_3|X_1X_2) \dots P(X_n|X_1X_2 \dots X_{n-1})$$

Ако су сви елементи независни:

$$R_s = P(X_1)P(X_2) \dots P(X_n)$$

Поузданост система са редним везама једнака је производу поузданости појединих компоненти.

$$R_s = \prod_{i=1}^n R_i = R_1 \times R_2 \times \dots \times R_n$$

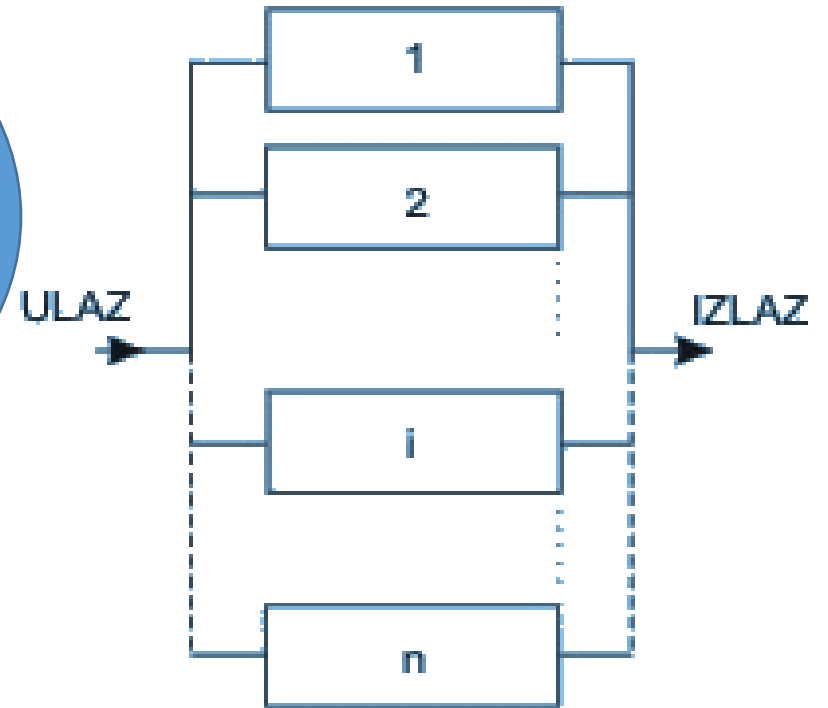
R_i – поузданост i -те компоненте
 n – број компоненти у систему

Једначина за рачунање поузданости код редне везе.



2. Паралелна веза

У техничким системима се јавља у случајевима потребе обезбеђења функционисања, при чему отказ једне функционалне целине не изазива отказ техничког система, већ до отказа система долази само у случају када откажу све паралелно везане функционалне целине.





2. Паралелна веза – рачунање поузданости

Код система са паралелним везама, уводи се појам непоузданости, који представља вероватноћу појаве квара у одређеном тренутку. Рачуна се као вероватноћа да ће сви елементи у паралелно везаном систему отказати.

F_S – непоузданост система
 F_i – непоузданост i -те компоненте

$$F_S = \prod_{i=1}^n F_i = F_1 \times F_2 \times \dots \times F_n$$

Поузданост и непоузданост су међусобно комплементарне функције:

$$R = 1 - F$$

$$R_S = 1 - F_S = 1 - \prod_{i=1}^n F_i = 1 - (F_1 \times F_2 \times \dots \times F_n)$$

$$R_S = 1 - [(1 - R_1) \times (1 - R_2) \times \dots \times (1 - R_n)]$$

Поузданост система са паралелним везама

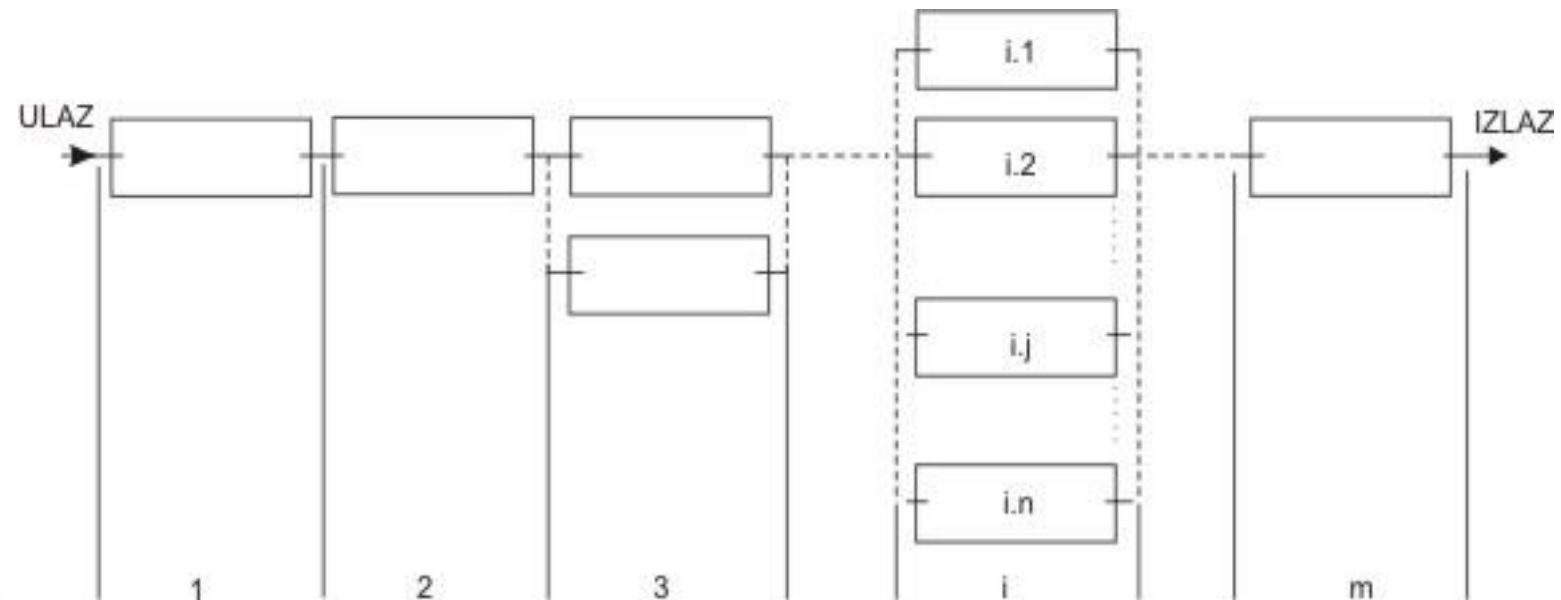


2. Комбинована редно - паралелна веза

Присутна је код великог броја техничких система јесу технички системи комплексни;

Код оваквих система редне везе функционалних целина комбиноване су са паралелним везама за одређене критичне функционалне целине;

Поузданост се одређује уочавањем редних и паралелних веза у систему, затим се за њих појединачно одреде поузданости и на крају се одређује поузданост система (систем се постепено своди на еквивалентан редни или паралелни модел поузданости).





Појам анализе стабла отказа - FTA

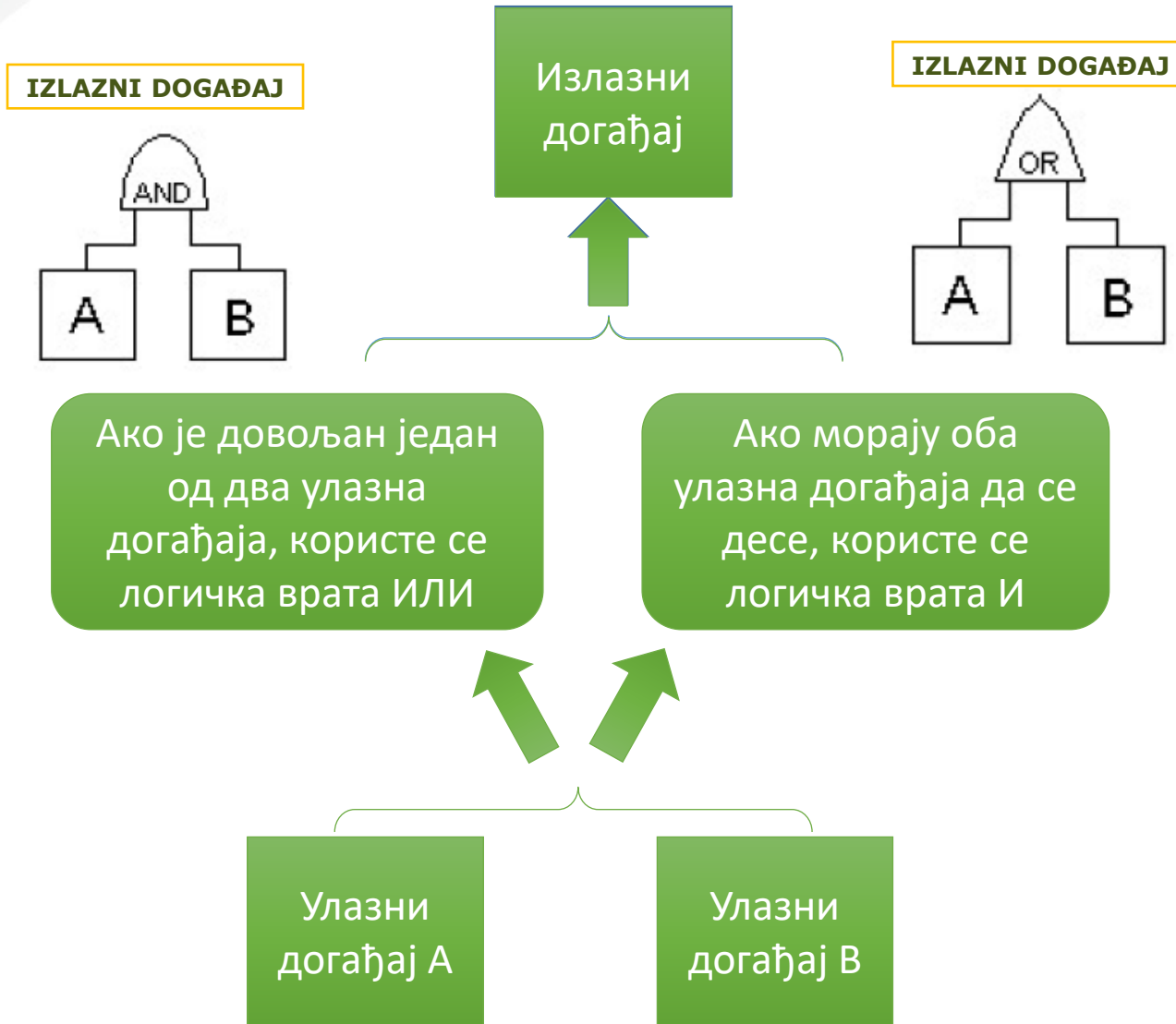
Анализа стабла отказа (енгл. Failure Tree Analysis—FTA) представља алат за графичко приказивање односа између појединачних догађаја који утичу на главни – нежељни догађај.

FTA користи дијаграм у облику дрвета како би показао узрочно последичне везе између једног, нежељеног догађаја (отказа) и различитих узрока који су до њега довели.

Нежељени догађај се поставља на врху. Креира се логичка шема тако што се у сваком реду наведу догађаји који могу довести до догађаја на реду изнад коришћењем логичких врата.



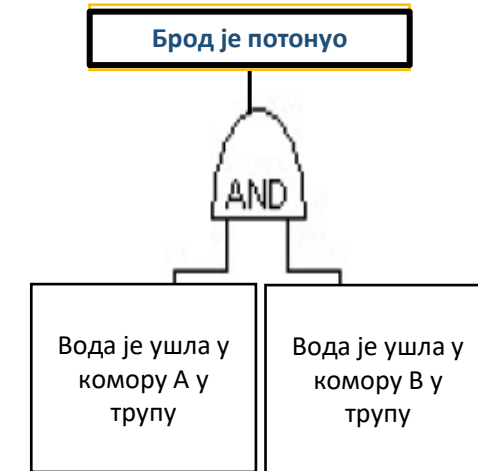
Додавање логичких врата



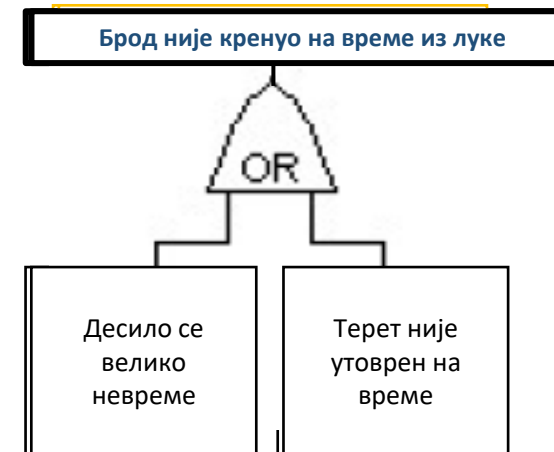


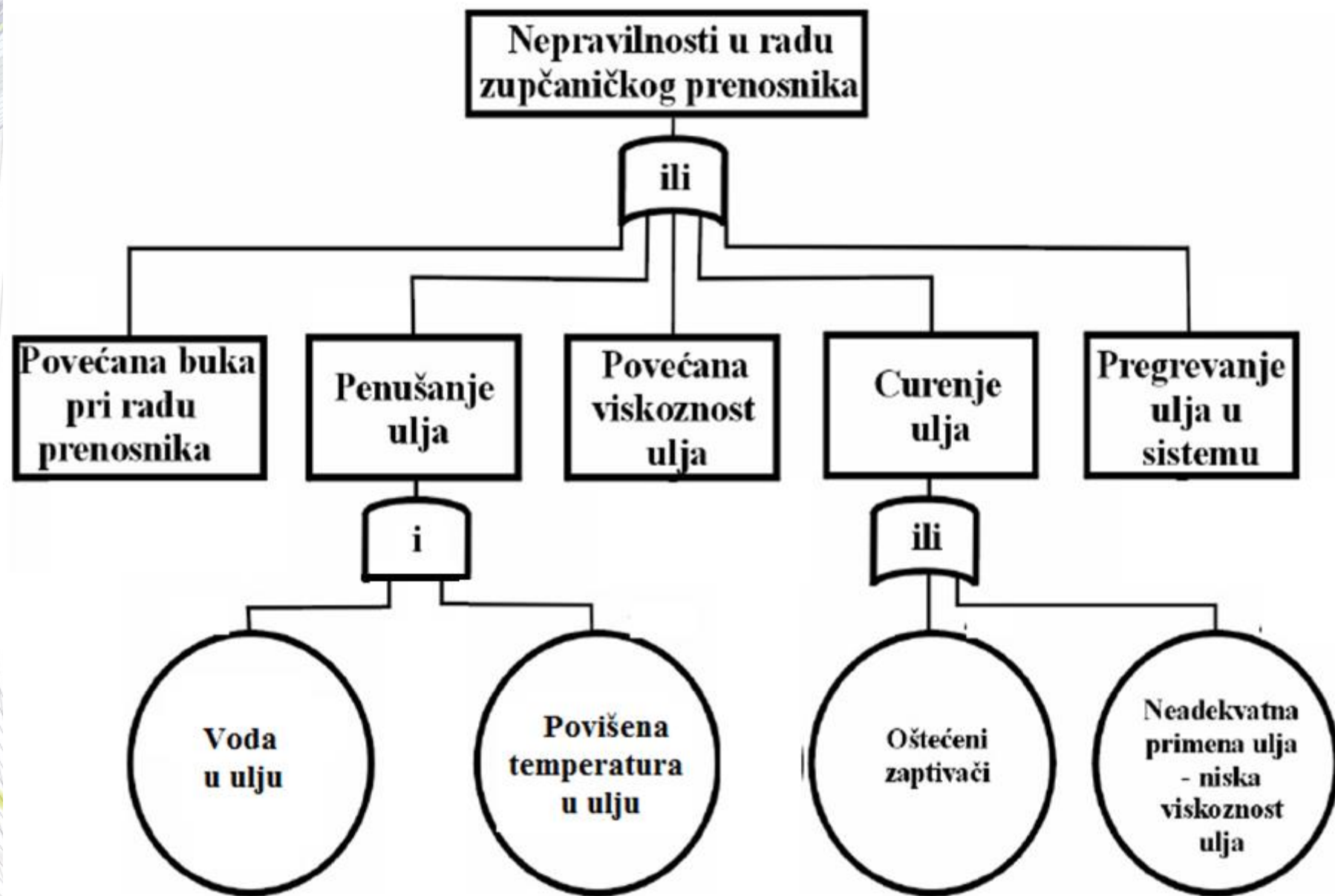
Примери коришћења логичких врата

Илазни догађај је да је брод потонуо. Ако дође до прслине у броду, вода може да напуни сигурносне коморе у дну брода. Али ако се само деси да се напуни комора А, а да се комора В не напуни и обрнуто, брод неће потонути. Брод ће потонути уколико се деси да се истовремено напуне и комора А и комора Б.



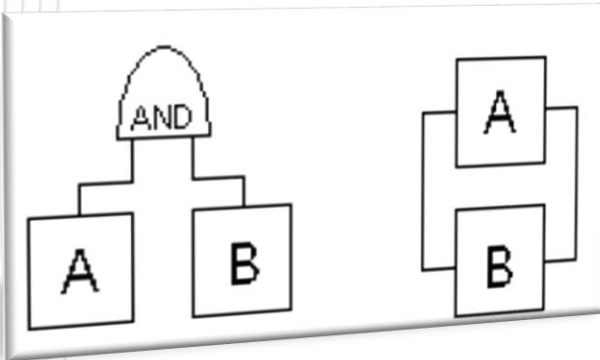
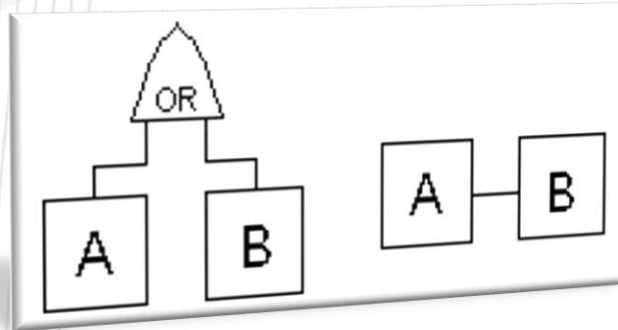
Уколико је само један улазни догађај неопходан да би се нежељени излазни догађај догодио, тада се користи ИЛИ капија. Довољно је или да терет не буде утоварен на време, или да се догоди велико невреме и брод неће моћи на време да крене из луке.







Поређење FTA са блок дијаграмом поузданости



Ако се упореде логичке капије FTA са блок дијаграмом поузданости, тада логичком капијом И представљамо паралелно везане компоненте, а логичком капијом ИЛИ редно везане компоненте. Нежељени догађај је отказ система.



AND gate



OR gate

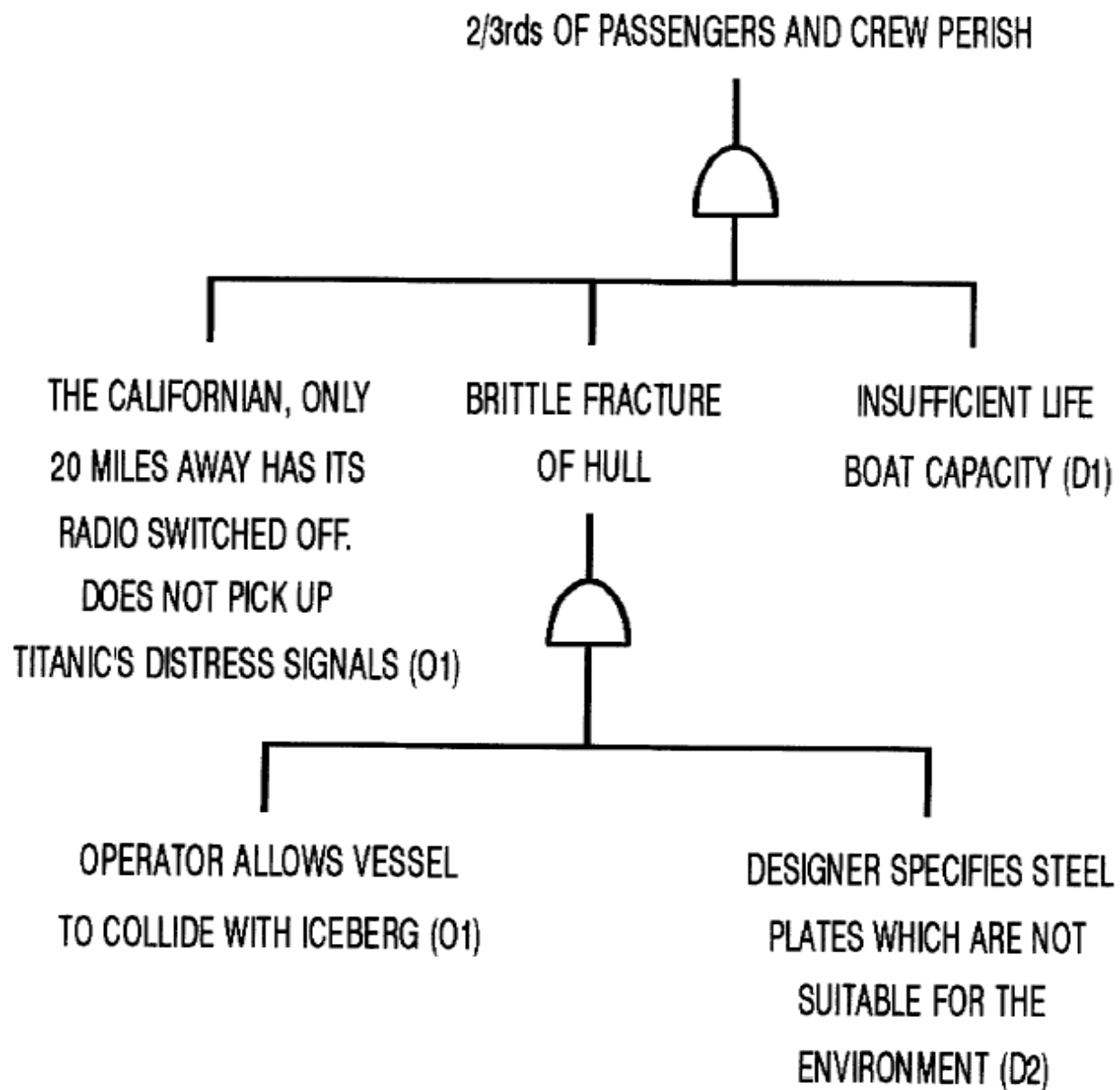


Event



Top Event

FTA за Титаник

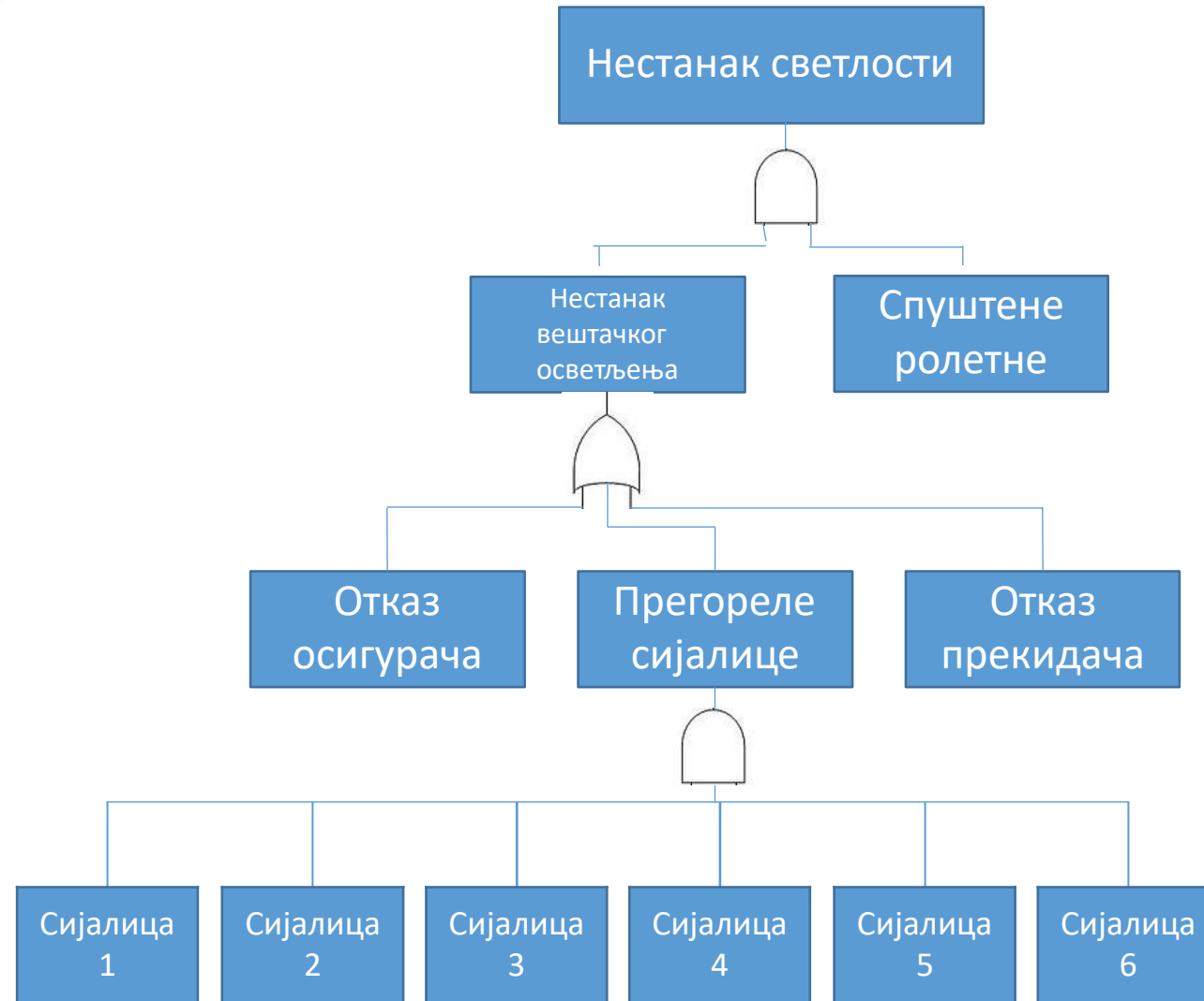


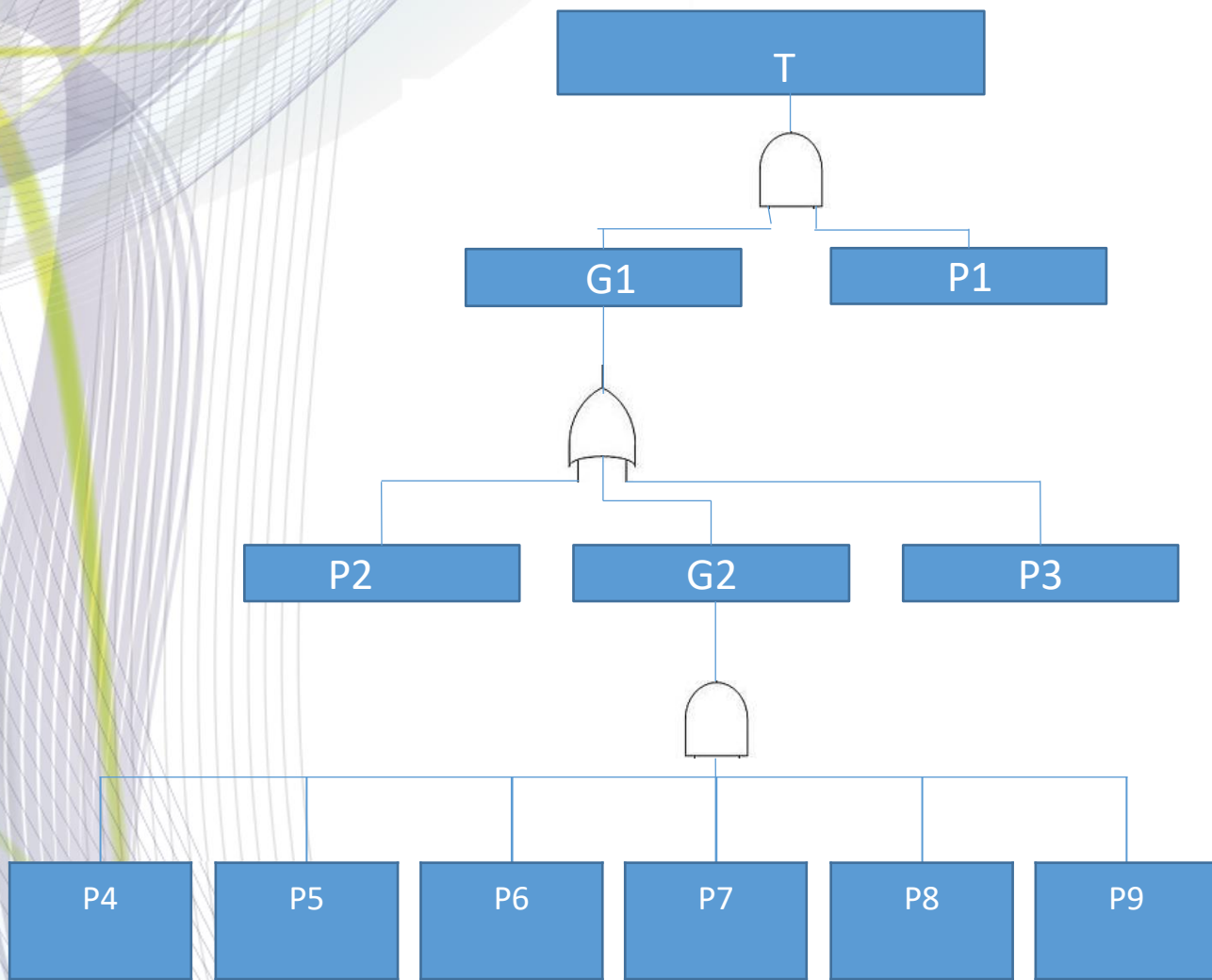
Пример



У току предавања у учионици је нестало струје. Пошто се предавања одржавају у току дана, само уколико су спуштене ролетне и нема никаквог вештачког осветљења у учионици неће бити светла. Ако се догоди да откаже осигурач, не ради прекидач или прегоре сијалице доћи ће до отказа вештачког осветљења.

Сијалица има 6 и светло ће нестати само ако свих шест сијалица прегори. Конструсати стабло отказа FTA анализом. Ако је вероватноћа отказа сваке сијалице 25%, осигурача 15%, отказ прекидача 10% и вероватноћа да су спуштене ролетне 50%. одредити вероватноћу нестанка струје. Као и вероватноћу отказа свих осталих компоненти стабла отказа.





$$T = G1 * P1$$

$$G1 = P2 + G2 + P3$$

$$G2 = P4 * P5 * P6 * P7 * P8 * P9$$

$$T = P1 + P4 * P5 * P6 * P7 * P8 * P9 + P3$$

$$P(G2) = 0,25 * 0,25 * 0,25 * 0,25 * 0,25 * 0,25$$

$$P(G2) = 0,000244$$

$$P(G1) = 0,15 + 0,000244 + 0,1$$

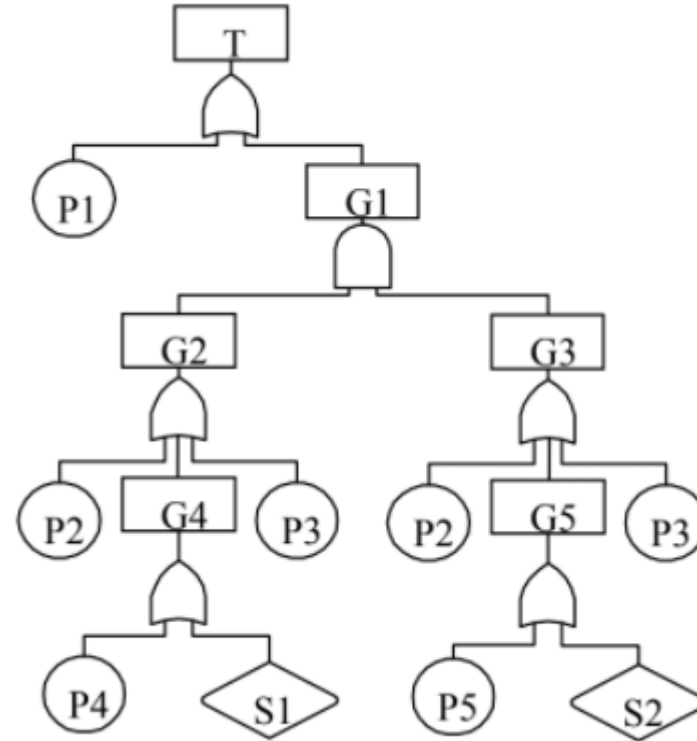
$$P(G1) = 0,250244$$

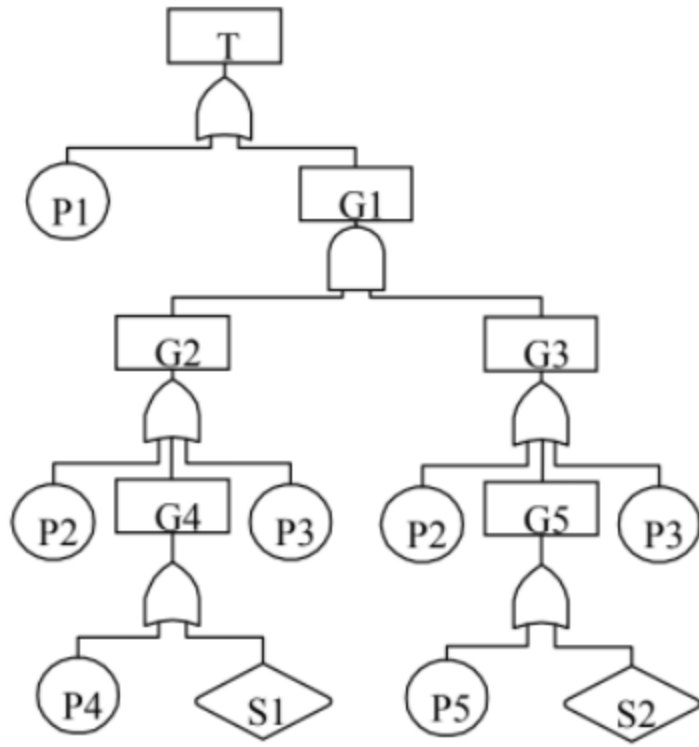
$$P(T) = 0,250244 * 0,5 = 0,125122 = 12,51\%$$



Задатак

За стабло отказа са слике, написати једначину за израчунавање вероватноће отказа.





$$\begin{aligned} T &= P1 + G1 \\ G1 &= G2 * G3 \\ G2 &= P2 + G4 + P3 \\ G3 &= P2 + G5 + P3 \\ G4 &= P4 + S1 \\ G5 &= P5 + S2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G3 &= P2 + P5 + S2 + P3 \\ G2 &= P2 + P4 + S1 + P3 \end{aligned}$$

$$G1 = (P2 + P4 + S1 + P3) * (P2 + P5 + S2 + P3)$$

$$T = P1 + (P2 + P4 + S1 + P3) * (P2 + P5 + S2 + P3)$$

$$T = P1 + P2 + P3 + P5 * P4 + P5 * S1 + S2 * P4 + S2 * S1$$

*Извршена је редукција формуле применом закона идемпотенције ($P * P = P$) и закона апсорпције ($P + (P * Q) = P * (P + Q) = P$)