

9.1) 🌳 Fault Tree Analysis



SOON Concetti introduttivi:

DEF Fault Tree Analysis:

"La FTA è un metodo d'analisi/procedimento, di tipo deduttivo, che permette di individuare i singoli guasti."

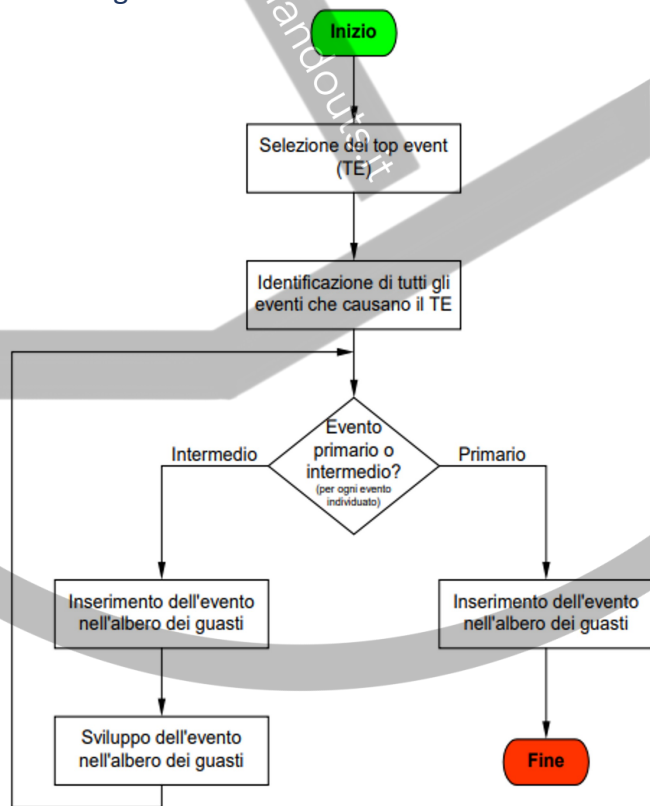
-> A partire da un'analisi generale del tipo di guasto, un evento indesiderato del sistema (o Top Event)...



-> Alcune definizioni:

- **EVENTO INDESIDERATO O TOP EVENT (TE):** è il guasto del sistema da esaminare, ha un numero n di eventi (nodi del sistema) che lo precedono e lo determinano;
 - o nessun evento lo segue;
- **COMBINAZIONE DI CAUSE:** accadimento simultaneo di guasti degli elementi funzionali che portano all'evento indesiderato;
- **UNITÀ ESAMINATA:** è l'oggetto da esaminare, identificato dalle sue caratteristiche funzionali e costruttive (sistemi, componenti ed elementi funzionali);
- **COMPONENTE:** è l'unità esaminata di livello più basso alla quale possono essere assegnati uno o più elementi funzionali

Procedimento costruzione albero dei guasti:



Risultati conseguibili:

- Fornisce informazioni qualitative e quantitative riguardanti l'affidabilità del sistema;
- Permette di descrivere il sistema e il suo comportamento di insuccesso funzionale come una catena causale di effetti;
- Permette di riconoscere sistematicamente i percorsi critici di guasto (analisi causa/effetto); di identificare le combinazioni degli eventi che conducono al TE e le combinazioni minime (Minimal Cut Set – MCS)
- La probabilità di accadimento del TE permette di esprimere un giudizio sull'accettabilità della probabilità calcolata;
- È possibile procedere a un'analisi di sensitività sugli eventi primari rispetto agli effetti sul TE;

9.2) 🌳 Fault Tree Analysis

- Nel caso di non accettabilità occorre **individuare** quali **eventi primari** determinano tale **inaccettabilità** e quali possono essere gli **interventi**;
- > Nella scelta degli interventi devono essere **considerati fattibilità, complessità, costi e tempo** di realizzazione

🌳 Strumenti per l'applicazione della FTA:

-> Gli strumenti per l'applicazione della FTA sono:

Algebra booleana

"Sintassi" e porte logiche

Minimal Cut Set (MCS)

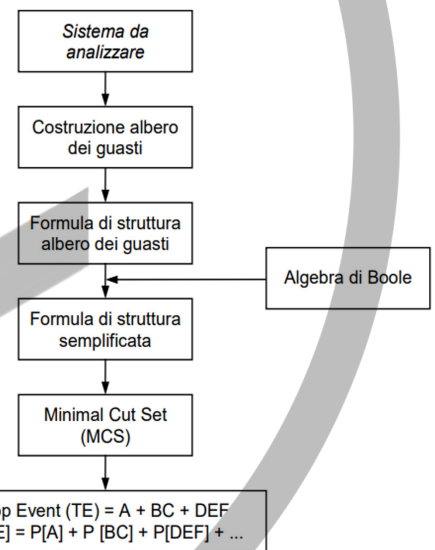
1. Algebra Booleana:

Proprietà	Espressione
commutativa	$AB = BA$ $A + B = B + A$
associativa	$A(BC) = (AB)C$ $A + (B + C) = (A + B) + C$
distributiva	$A(B + C) = AB + AC$
idempotenza	$AA = A$ $A + A = A$
assorbimento	$A + AB = A$

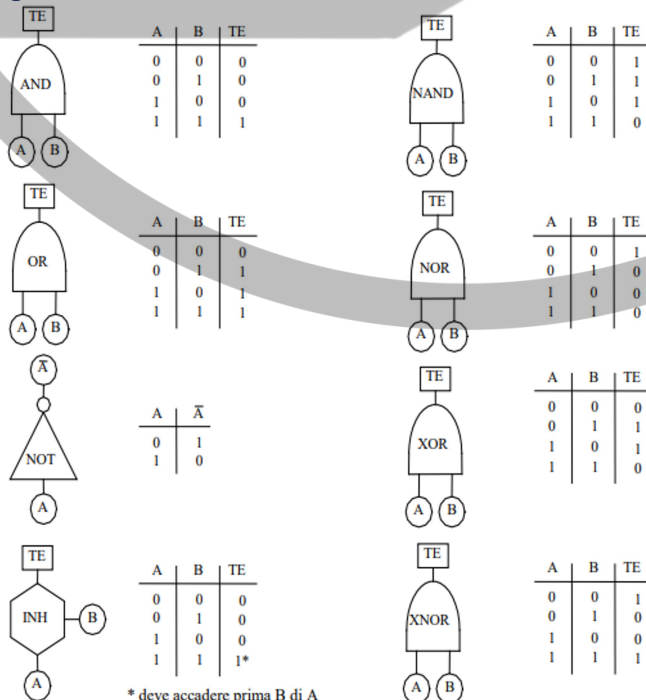
2. "Sintassi" e porte logiche:

2.1 Sintassi e Regole di costruzione:

-> Descrivono i passi logici da seguire per la realizzazione di un albero dei guasti.



2.2 Porte logiche:

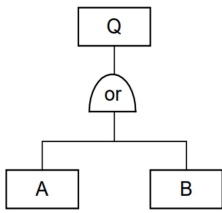


* deve accadere prima B di A

-> Analizziamo le porte più utilizzate:

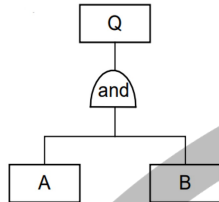
9.3) 🌳 Fault Tree Analysis

1. Porta OR:



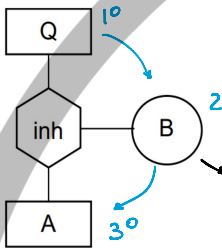
- **Rappresenta l'unione** degli eventi $P[Q] = P[A] + P[B] - P[B \cap A] = P[A] + P[B] - P[A] \cdot P[B|A]$;
- Tipologia di eventi:
 - o Eventi **mutuamente esclusivi** $P[Q] = P[A] + P[B]$;
 - o Eventi **indipendenti** $P[Q] = P[A] + P[B] - P[A] \cdot P[B]$

2. Porta AND:



- **Rappresenta l'intersezione** degli eventi:
 - o Eventi **mutuamente esclusivi**: $P[Q] = P[A] \cdot P[B|A] = P[B] \cdot P[A|B]$
 - o Eventi **indipendenti** $P[Q] = P[A] \cdot P[B]$;

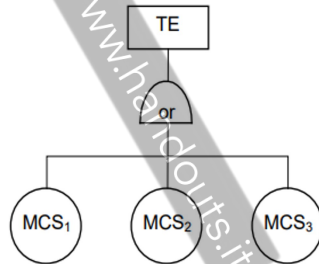
3. Porta INHIBIT



- **Rappresenta il verificarsi di entrambi gli eventi, ma uno deve accadere prima dell'altro.**
-> B rappresenta l'evento condizionante, è la modellizzazione del componente di sicurezza.

3. Minimal Cut Set:

-> **DEF:** rappresentano le **strutture** al di sotto dei quali non posso andare nell'albero, il numero minimo di **eventi** per **definire un guasto**;



TE = MCS1 + MCS2 + MCS3
 MCS1 = E1
 MCS2 = E2, E4, E5
 MCS3 = E3, E4

-> Procedimento:

1. Dallo schema grafico di un albero dei guasti si ricava formula di struttura dell'albero;
2. Con le regole dell'algebra booleana si ricava la formula di struttura semplificata dell'albero;
3. Si identificano i MCS relativi all'albero dei guasti

🛡️ Risultati dell'FTA:

- > I risultati dell'FTA sono diversi:
- Probabilità di accadimento;
 - Numero atteso di guasti;
 - Limite superiore e inferiore;

Probabilità di accadimento del TE (Q o p):

-> **DEF:** la probabilità di accadimento del TE corrisponde all'indisponibilità del TE.

-> Dipende dal tipo di eventi:

- **GENERALE:**
-> $p(TE) = p(MCS1) + p(MCS2) + p(MCS3) + \dots$;
- **MUTUAMENTE ESCLUSIVI:**
-> $p(TE) = S1 - S2 + S3 - \dots (-1)^{r-1} \cdot Sr$
 - o $S1 = p(MCS1) + p(MCS2) + p(MCS3) + \dots$
 - o $S2 = p(MCS1) \cdot p(MCS2) + p(MCS1) \cdot p(MCS3) + \dots$
 - o $S3 =$ sommatoria dei prodotti del terzo ordine
 - o ...

Numero atteso di guasti del TE (W):

-> **DEF:** numero atteso di volte che, in un **intervallo temporale**, si verifica il TE in seguito all'accadimento degli eventi che costituiscono il MCS.

- $W(TE) = W(MCS1) + W(MCS2) + \dots \left[\frac{\text{guasti}}{T \text{ ore}} \right] * T$ è dato dal testo;
- $W(A) = \lambda_A * T$;
- $W(AB) = \int_0^T (\lambda_A * Q_B + \lambda_B * Q_A) dt \rightarrow$ Porta AND

$$W(AB) = \int_0^T (\lambda_A * Q_B) dt \rightarrow \text{Porta INH};$$

9.4) 🌳 Fault Tree Analysis

-> Le regole con cui si calcola $W(TE)$ sono le stesse viste per $p(TE)$ a proposito dell'unione dei MCS:

$$W(TE) = S1 - S2 + S3 - \dots$$

Limite superiore e limite inferiore:

- Il termine $S1$ corrisponde al limite superiore (upper bound);
- Il termine $S1 - S2$ rappresenta il limite inferiore (lower bound);
- Il valore esatto di $P(TE)$ o di $W(TE)$ è compreso tra questi due limiti.

-> Esempio:

LIMITE SUPERIORE:

$$W(TE) = W(AB) + W(CD) + W(E) = 7,91 \cdot 10^{-2} \text{ GUASTI / } 10'000 \text{ ORE}$$

LIMITE INFERIORE:

$$W(TE) = W(AB) + W(CD) + W(E) - [W(AB)W(E) + W(E)W(CD) + W(CD)W(AB)] = 1,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{GUASTI}}{\text{ORE}}$$

$$\Rightarrow W(TE)_{\text{INF}} = 7,91 \cdot 10^{-2} - 1,5 \cdot 10^{-3} = 7,76 \cdot 10^{-2} \frac{\text{GUASTI}}{\text{ORE}}$$

www.handouts.it