

Lezione 13 -

Audaci Affidabilità

↳ Stima del costo di non-disponibilità.

Vogliamo il costo totale minore che è la somma tra il costo di impianto e costo di inefficienza.

Abbiamo già studiato l'esempio delle lampadine.

Abbiamo visto le densità di guasto
↳ la probabilità che si
guasti in una finestra
temporale.

Accumulo di guasti (F)

↳ probabilità che si guasta entro un istante

↳ = $1 - F$
Inverso è affidabilità / reliability (R)

↳ La probabilità che si guasti dopo un
certo periodo.

Per noi l'affidabilità è dipendente solo dal tempo.

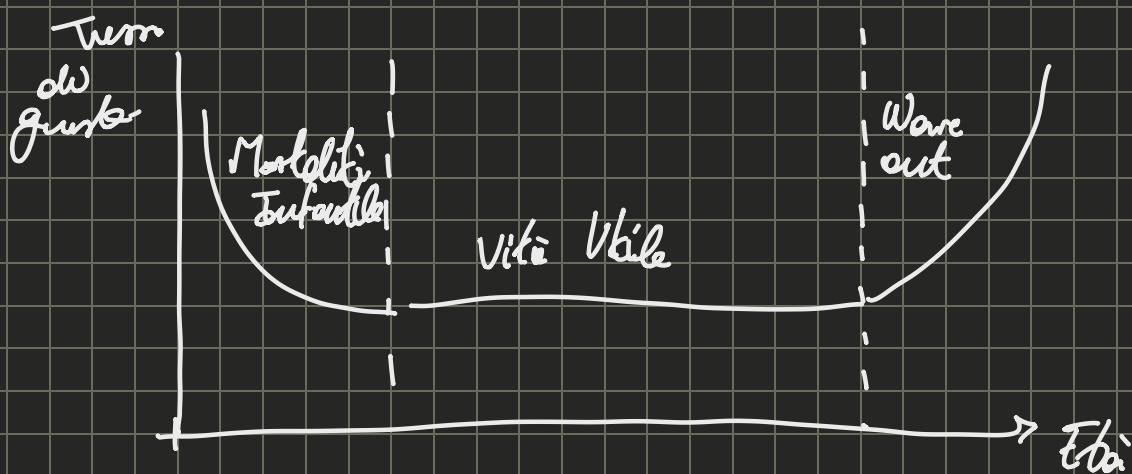
Quando è corretto fare manutenzione?

Tasso di guasto

È la probabilità che si guasti nel periodo di tempo successivo.

$$z(t) = \frac{f(t_2 - t_1)}{R(t_1)}$$

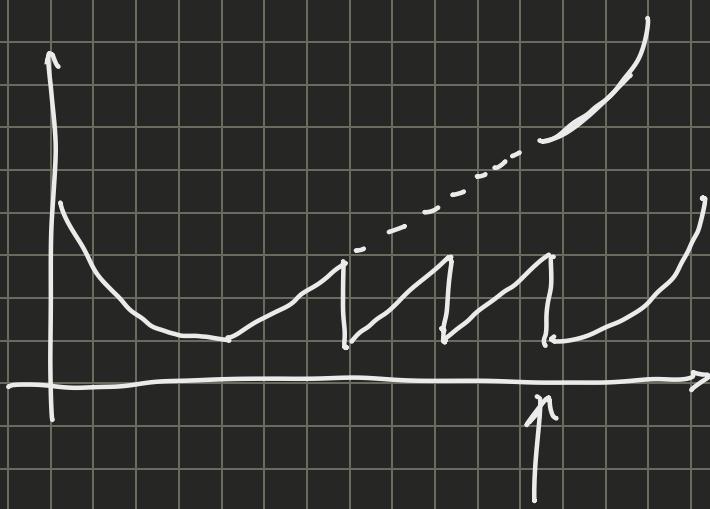
Il tasso di guasto prende forme di varie kinder:



Ogni oggetto può avere la sua forma per l'andamento del tasso di guasto.

Capire la forma dell'andamento ci indica quando facciamo la manutenzione o quando diamo la garanzia.

da manutenzione direttamente il tasso di guasto ad una forma at-good-as-new



A questo punto la manutenzione non può agire abbastanza velocemente.

Possiamo fare la manutenzione in periodi di poco uno per non interrompere completamente la produzione.

Se la manutenzione è per questo la produzione è fermata completa mente quindi è meglio fare la manutenzione prima del guasto.

Per noi prendiamo $\vartheta(t) = \lambda = \text{cost}$

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

t = tempo di un'ispezione

λ = tasso di guasti costante. $\sim 0(10^{-4})$

$$x \quad \lambda = 3,7 \cdot 10^{-4} \quad e \quad t = 1000h \Rightarrow R = e^{-\lambda t} = 69\%$$

[guasti]
h

$f = 1 - R = 31\% \rightarrow$ probabilità che si rompa prima di 1000h

↳ probabilità che si rompa dopo 1000h

λ di solito è dato, dobbiamo calcolare solo μ .

Tempo medio di funzionamento prima del guasto:

$$MTTF = \text{Mean time to failure} = \frac{1}{\lambda}$$

Tempo medio tra i guasti di riparazione

$$\rightarrow MTTR = \text{Mean time to Repair} = \frac{1}{\mu}$$

$\mu \rightarrow$ tasso di sostituzione $\left[\frac{\text{guasti}}{\text{a}} \right]$

(MTBF)

Mean time between failures: $MTTF + MTTR$

\rightarrow Il tempo fra due guasti include il tempo di riparo.

Per calcolare MTTF:

$$MTTF = \sum_i \left[f(t_{i+1} - t_i) \cdot \frac{t_{i+1} + t_i}{2} \right]$$

\rightarrow Si non abbiamo λ

Disponibilità / Availabilità (A)

$$A = \frac{\text{Uptime}}{\text{Uptime} + \text{Downtime}} = \frac{MTTF}{MTBF} = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

$$= \frac{MTTF}{MTTF + MTTR}$$

Esempio

$$\lambda = 3,7 \cdot 10^{-4}$$

$$\mu = 4,5 \cdot 10^{-2}$$

$$\Rightarrow A = \frac{4,5 \cdot 10^{-2}}{4,5 \cdot 10^{-2} + 3,7 \cdot 10^{-4}} \approx 0,99$$

$$MTTF = \frac{1}{\lambda} = \frac{1}{3,7 \cdot 10^{-4}}$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{4,5 \cdot 10^{-2}}$$

↓
99% del tempo
la componente
funziona

Affidabilità e Tasso sono percentuali

Disponibilità è rapporto tra tempi.

$$A = \frac{MTTF}{MTTR + MTTF}$$

Riporto si usa Re quando A:

Se la componente è riparabile si usa la affidabilità
 ↳ perché deve perfetta o arrivare a fine missione.

Se il componente è riparabile è in base al costo maggiore

↳ se costo del guasto usiamo la affidabilità

↳ se è prevalente il costo di inefficienza usiamo la disponibilità

↳ andiamo a minimizzare MTTR e

Affidabilità e Disponibilità del Sistema

→ andiamo a vedere dove quell' componente
nel sistema garantito.

Ci possono esser due schemi finiti e schemi
affidabilitistici.

→ Sistemi non riparabili → Reliability
↳ se si rompe il componente si romperà tutto
allora il personale arriva e fa nulla
→ Se riparabile → Disponibilità.

Tipi di sistemi:

- ↳ Serie → devono funzionare tutti i componenti
- ↳ Parallel → basta che ne funzionino un per aver funzionamento.

Ci possono esser componenti di stand-by

→ Stand-by freddo → non è completamente in uso, richiede tempo di attivazione

→ Stand-by caldo → è già attivo solo

a regime ribaltato, ha tempo di attivazione
minore ma visto che è curvo è già probabilmente
versato.

Sistemi in Serie

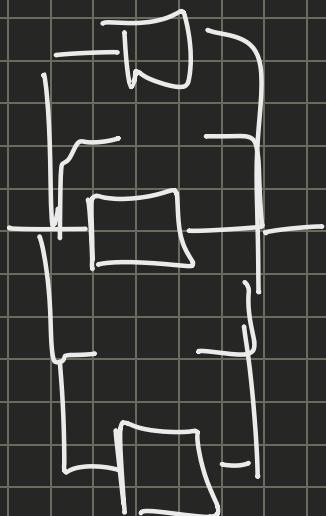
→ Tutto sistema reale se un componente si
rompe

$$R_{\text{serie}}(t) = \prod_i R_i(t)$$

$$R_{\text{serie}} < \min(R_i)$$



Sistemi in Parallello:



$$R_{\text{par}}(t) = 1 - \prod_i [1 - R_i(t)]$$

La probabilità che
non ne funzionino
nessuno

da probabilità che ne
funzionano almeno uno.

$$R_{\text{par}} > \max(R_i)$$

In senso molto debole ma cosa poco, invece parallelis
è affidabile una cosa più.

Dobbiamo scegliere quale è meglio

Sistemi Ridondanti ($\geq \frac{u}{n}$)

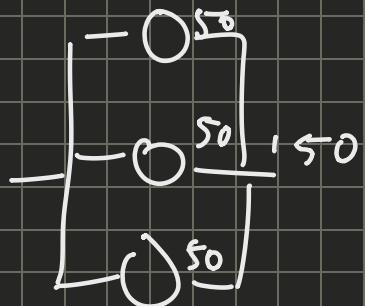
↳ Sistemi in parallelo dove almeno u su n componenti funzionano.

È la somma delle probabilità che $\frac{u}{n}$ componenti funzionino

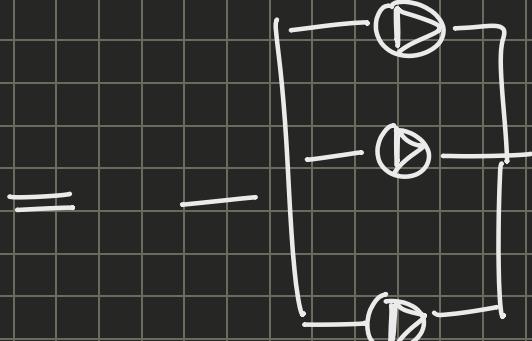
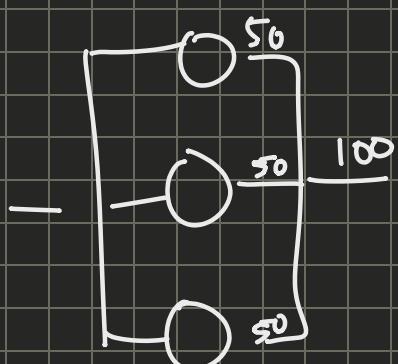
$$\begin{array}{ccc} U_p & U_p & \text{Down} \\ 0,8 & \cdot & 0,8 \cdot (1-0,8) \rightarrow 0,128 \end{array}$$

Sistema Fisico e

Sistema Aritmetico



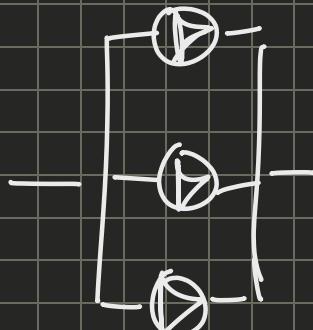
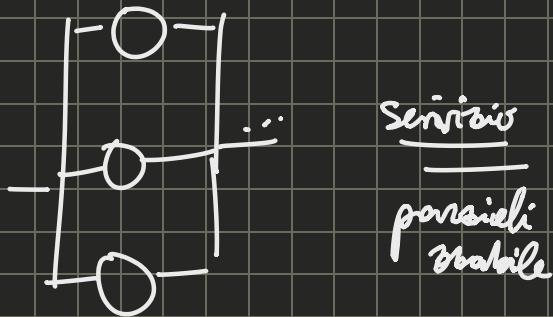
Serie



$$\frac{u}{n} = \frac{2}{3}$$



$$\frac{u}{n} = \frac{1}{n}$$



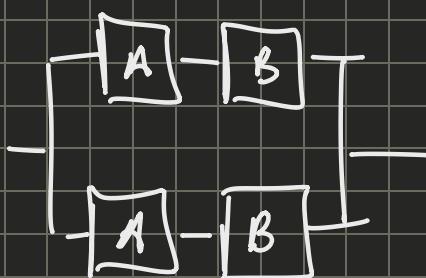
Esercizi

Calcolo Affidabilità

$$\lambda_A = 2,5 \cdot 10^{-5}$$

$$t = 1000 \text{ h}$$

$$\lambda_B = 3,4 \cdot 10^{-5}$$



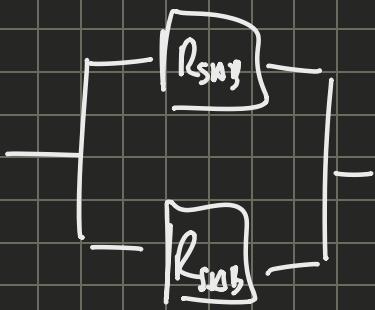
→ $\text{Affidabilità } (R(t))$

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

$$t = 1000$$

$$\lambda_A = 2,5 \cdot 10^{-5} \Rightarrow R_A = e^{-2,5 \cdot 10^{-5} \cdot 1000} = 0,9753$$

$$\lambda_B = 3,4 \cdot 10^{-4} \Rightarrow R_B = e^{-3,4 \cdot 10^{-4} \cdot 1000} = 0,7117$$



$$R_{SAB} = R_A \cdot R_B = 0,9753 \cdot 0,7117 = \\ = 69,42\%$$



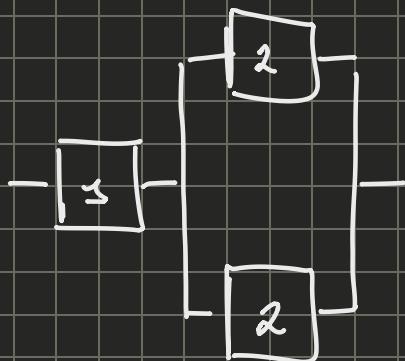
$$R_{parallel} = \frac{1}{\left[\underbrace{\left(1 - R_{SAB} \right)}_{Ramo 3} \cdot \underbrace{\left(1 - R_{SAB} \right)}_{Ramo 2} \right]} = \\ = 1 - \left(1 - R_{SAB} \right)^2 = 90,65\%$$

Esercizio 2

$$\lambda_1 = 3,4 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_2 = 2,1 \cdot 10^{-4}$$

$$t = 800$$



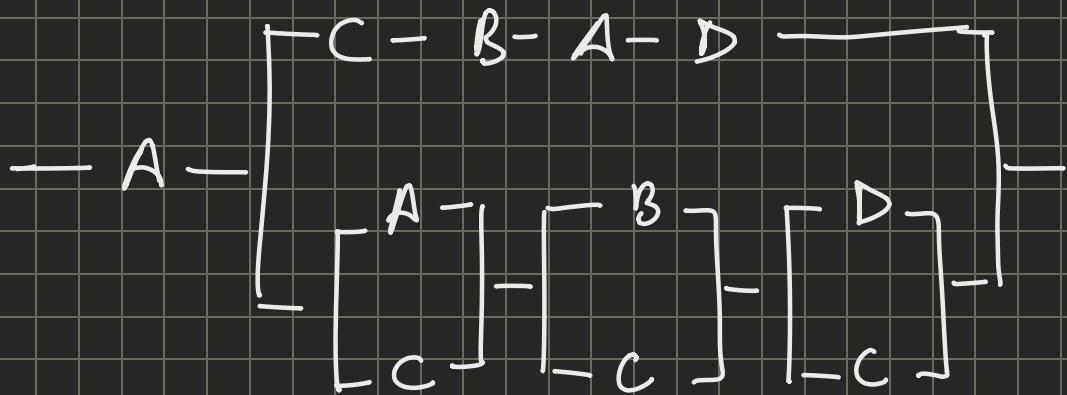
$$R_1 = e^{-\lambda_1 \cdot t} = 0,9732$$

$$R_2 = e^{-\lambda_2 \cdot t} = 0,8453$$

$$R_{parallel} = 1 - (1 - R_1) \times (1 - R_2) = 0,9762$$

$$R_s = R_1 \cdot R_{11} \cdot 0.9499$$

Esercizio 3 → Un po' più complicato



$$\lambda_A = -2 \cdot 10^{-5}; \mu_A = 6 \cdot 10^{-4}$$

Statica gesti B → Tabelli 1, Tabella 2 TTR di B

$$\mu_C = 4 \cdot 10^{-4}; A_C = 95\%$$

D → TTR(h) come grafico 1, A_D = 98%

$$t = 10000 \text{ h}$$

R sistema?

Primo troviamo R per i vari componenti e poi per il sistema.

Componente A

$$R_A = e^{-\lambda_A t} = e^{-2 \cdot 10^{-5} \cdot 10^4} = 0.819$$

Componente B

$$\text{TTR} \hookrightarrow \text{MTTR} \rightarrow \mu \quad A_B = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

Tabella 3 → MTTF

ma non lo abbiamo quindi la tabella 2 è inutile.

$$R_B =$$

Tabella 1

Periodo	N_g	$(t_2 + t_1)/2$	$f(t_2 - d_1)$	\downarrow
0 - 1000	3	500	3/55	
1000 - 2000	6	1500	6/55	
2000 - 3000	10	2500	10/55	
3000 - 4000	7	3500	7/55	
4000 - 5000	12	4500	12/55	
5000 - 6000	9	5500	9/55	
6000 - 7000	5	6500	5/55	
7000 - 8000	2	7500	2/55	
8000 - 9000	1	8500	1/55	
		<u>55</u>		
				3984,5

MTTF_B

$$\text{Se } \overline{\text{MTTF}}_B = 3984,5$$

$$\lambda_B = \frac{1}{\overline{\text{MTTF}}_B} = 2,5 \cdot 10^{-4}$$

$$R_B = e^{-\lambda t} = e^{-2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 10000} = 0,082$$

La tabella va finita a 9000 ma noi guardiamo fino a 10000, non va bene.

{ Orazione 1 → a 9000 si guadagna ⇒ a 10000 una fusione,
quindi $R_B = 0$

Orazione 2 → ipotizzando tra 9000 e 10000 una carica
niente

$$\text{quindi } R_B = 0,082$$

→ Andiamo

Componente C

Abrimos $A_c < \mu_c$

$$A_c = \frac{\mu_c}{\mu_c + \lambda_c}$$

$$\lambda = \mu_c \left(\frac{1}{A} - 1 \right) = 2,105 \cdot 10^{-5}$$

$$R_c = e^{-\lambda_c t} = .8102$$

Componente D

$$\lambda_D = .98$$

Abrimos TTR da grafico

$$(MTTR = \frac{\sum TTR}{n} = 185 \frac{h}{quarto} \rightarrow \mu = 5,405 \cdot 10^{-3} \frac{g}{h})$$

$$A = \frac{MTTF}{MTTF + MTTR} \Rightarrow MTTF \rightarrow \frac{1}{\lambda}$$

$$\circ A = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \rightarrow MTTF \rightarrow \mu \rightarrow \lambda$$

$$\lambda_D = \mu_D \left(\frac{1}{A_0} - 1 \right) = 5,103 \cdot 10^{-4}$$

$$R_D = e^{-\lambda_D b} = 33,18 \%$$

$$R_A = 0,8109$$

$$R_B = \begin{cases} \text{Opção 1} = 0 \rightarrow \text{frame seguro} \\ \text{opção 2} = 0,082 \rightarrow \text{frame seguro débil} \end{cases}$$

$$R_c = 0,8102$$

$$R_D = 0,3318$$

Operazione 3: $R_B=0$

$$-A - \begin{bmatrix} A \\ C \end{bmatrix} - C - \begin{bmatrix} D \\ C \end{bmatrix} -$$

Ramo 3 ha $R=0$, quindi lo si tolta per scomporre.

$$R_{ramo\ 2} = R_{1AC} \cdot R_{1BC} \cdot R_{1DC} -$$

\parallel
 R_C

$$R_{1AC} = 1 - \left[(1 - 0,819)(1 - .8102) \right] = 0,966$$

$$R_{1BC} = 1 - \left[(1 - 0)(1 - .8102) \right] = .8102 = R_C$$

$$R_{1DC} = 1 - \left[(1 - .3318)(1 - .8102) \right] = .873$$

$$R_{ramo\ 2} = .966 \cdot .8102 \cdot .873 = .6832$$

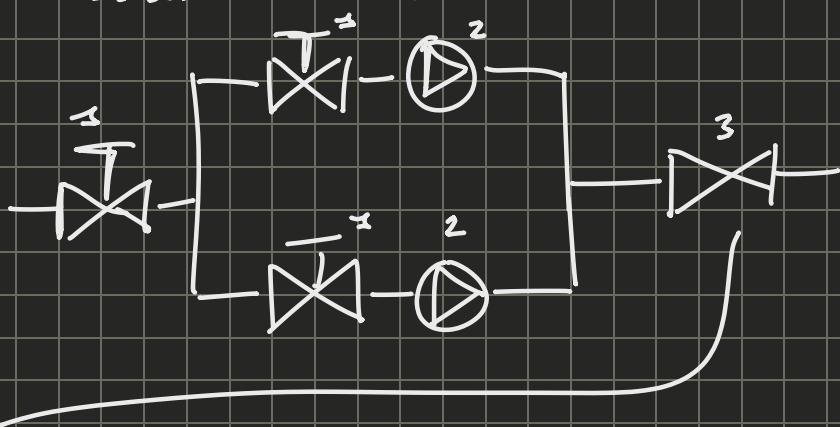
$$R_{sist} = R_R \cdot R_{ramo\ 2} = .819 \cdot .6832 = .5596$$

Per aumentare si può dare ridondanza all'A
iniziale e sicuramente dobbiamo agire su B e C.

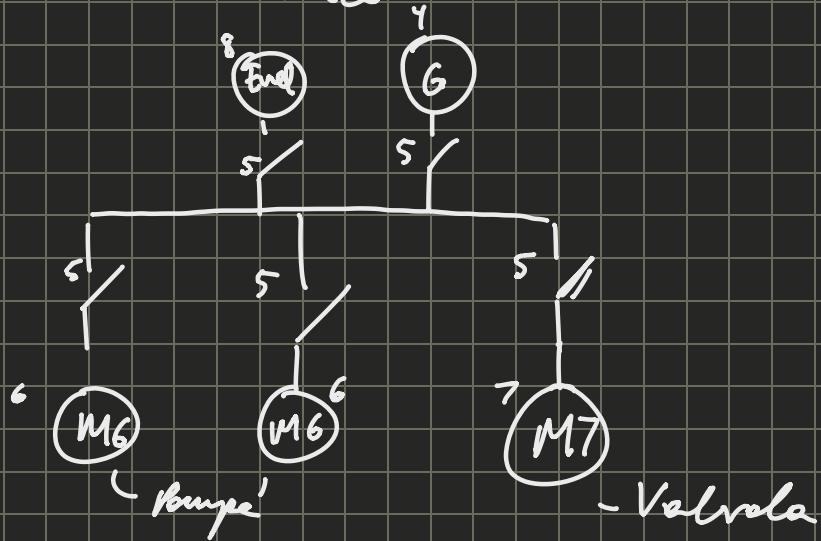
Noi non sceglieremo tra le affidabilità e disponibilità

Esercizio 7

Schemi Idraulici



Sistema Elettronico



Generatore
emergenza

INTERRUTTORE

ENEL - Interruttore

$\sim \sim$

Dare
ogni
l'elettricità
dove
necessario
sistema

Cori:

- 20 l/s

- 40 l/s

Serve due funzioni
solo una delle due
pompe tale

che funziona
in sisteme

