ESERCITAZIONE 1

a) Costruire una tabella con i valori di affidabilità per 1 h di funzionamento in funzione dei tempi medi fra i guasti fino a 10^8 h.

Dato che l'affidabilità è ricavabile come $R(t, \mathrm{MTBF}) = e^{-\frac{t}{\mathrm{MTBF}}}$
dove

t = 1 h (tempo di funzionamento)
MTBF = 1…10^8 h (tempo medio fra due guasti)

si ricava la seguente tabella:

MTBF	Affidabilità
1.0E+00	0.367879441171
3.2E+00	0.728893414110
1.0E+01	0.904837418036
3.2E+01	0.968871994340
1.0E+02	0.990049833749
3.2E+02	0.996842717074
1.0E+03	0.999000499833
3.2E+03	0.999683822229
1.0E+04	0.999900005000

MTBF	Affidabilità
3.2E+04	0.999968377723
1.0E+05	0.999990000050
3.2E+05	0.999996837727
1.0E+06	0.999999000001
3.2E+06	0.999999683772
1.0E+07	0.999999900000
3.2E+07	0.999999968377
1.0E+08	0.999999990000

b) Costruire una tabella del tempo medio fra i guasti per affidabilità da 0.7 a 1 relativamente ad 1 h di funzionamento.

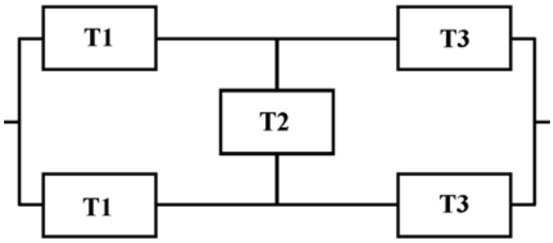
Occorre invertire la formula scritta in precedenza: $R(t, \mathrm{MTBF}) = e^{-\frac{t}{\mathrm{MTBF}}} \Rightarrow \mathrm{MTBF}(t, R) = -\frac{t}{\ln R}$

da cui:

Affidabilità	MTBF
0.700	2.8037
0.710	2.9198
0.720	3.0441
0.730	3.1775
0.740	3.3211
0.750	3.4761
0.760	3.6438
0.770	3.8261
0.780	4.0248
0.790	4.2423
0.800	4.4814
0.810	4.7456
0.820	5.0390
0.830	5.3668
0.840	5.7355
0.850	6.1531
0.860	6.6303
0.870	7.1807
0.880	7.8227
0.890	8.5812
0.900	9.4912

Affidabilità	MTBF
0.910	10.6033
0.920	11.9931
0.930	13.7797
0.940	16.1615
0.950	19.4957
0.960	24.4966
0.970	32.8308
0.980	49.4983
0.990	99.4992
0.995000000	199.4996
0.999000000	999.4999
0.999500000	1999.5000
0.999900000	9999.5000
0.999950000	19999.5000
0.999990000	99999.5000
0.999995000	199999.5000
0.999999000	999999.5000
0.999999500	1999999.5002
0.999999900	9999999.5053
0.999999950	19999999.4883
0.999999999	1000000027.7819

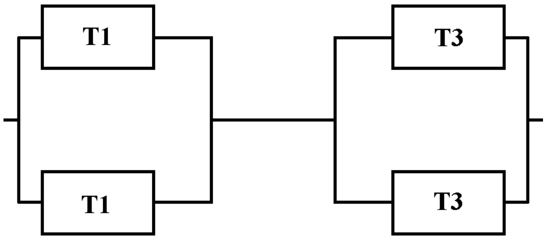
c) Calcolare l'affidabilità per 1 h di funzionamento ed il tempo medio fra i guasti per un sistema di alimentazione il cui schema affidabilistico è rappresentato nella figura con tempi medi fra i guasti dei singoli componenti:



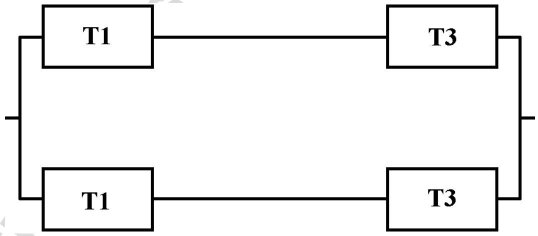
T1 = 10000 h
T2 = 1000 h
T3 = 20000 h

L'affidabilità del sistema è data dalla formula: $R = R_{T2}R_{ST2} + (1 - R_{T2})R_{S\overline{T}\overline{2}}$
dove le affidabilità indicate sono rispettivamente di:

R_{ST2}



$R_{S\overline{T}\overline{2}}$



Si ricava:

$R_{T1} = e^{-\frac{1\,\text{h}}{10000\,\text{h}}} \cong 0.99990$

$R_{T2} = e^{-\frac{1\,\text{h}}{1000\,\text{h}}} \cong 0.99900$

$R_{T3} = e^{-\frac{1\,\text{h}}{20000\,\text{h}}} \cong 0.99995$

$R_{ST2} = (R_{T1} + R_{T1} - R_{T1}R_{T1})(R_{T3} + R_{T3} - R_{T3}R_{T3}) \cong 0.9999999875$

$R_{S\overline{T}\overline{2}} = R_{T1}R_{T3} + R_{T1}R_{T3} - (R_{T1}R_{T3})^2 \cong 0.9999999775015$

$R = R_{T2}R_{ST2} + (1 - R_{T2})R_{S\overline{T}\overline{2}} \cong 0.99999998749$

per cui

$$\text{MTBF}(t, R) = -\frac{t}{\ln R} \cong 79936060\,\text{h}$$

d) Per un velivolo quadrimotore calcolare l'affidabilità per una missione di 1 h ed il relativo tempo medio fra i guasti nel caso sia richiesto il funzionamento di tutti e 4 i motori, ne siano sufficienti 3, ne siano sufficienti 2 qualsiasi o ne siano sufficienti 2 ma non sulla stessa ala, supponendo un tempo medio fra i guasti del singolo motore di 10000 h.

L'affidabilità del singolo motore è data da: $R = e^{-\frac{1\,\text{h}}{10000\,\text{h}}} \cong 0.99990$

Tutti e 4 i motori

$R_4 = R^4 \cong 0.99960006$

$$\text{MTBF}_4 = -\frac{t}{\ln R_4} \cong 2499.9\,\text{h}$$

Almeno 3 motori

$$R_3 = R^4 + \binom{4}{3} R^3 (1-R) \cong 0.99999994$$

$$\mathrm{MTBF}_3 = -\frac{t}{\ln R_3} \cong 16668888\ \mathrm{h}$$

Almeno 2 motori qualsiasi

$$R_{2q} = R^4 + \binom{4}{3} R^3 (1-R) + \binom{4}{2} R^2 (1-R)^2 \cong 0.999999999996$$

$$\mathrm{MTBF}_{2q} = -\frac{t}{\ln R_{2q}} \cong 250026349888\ \mathrm{h}$$

Almeno 2 motori ma non sulla stessa ala

Dei $\binom{4}{2} = 6$ casi possibili con 2 motori funzionanti contiamo i casi favorevoli (evidenziati):

motore 1	motore 2	motore 3	motore 4
x	x		
x		x	
x			x
	x	x	
	x		x
		x	x

sono quindi 4 casi sui 6 di prima.

$$R_2 = R^4 + \binom{4}{3} R^3 (1-R) + 4R^2 (1-R)^2 \cong 0.99999998$$

$$\mathrm{MTBF}_2 = -\frac{t}{\ln R_2} \cong 50000000\ \mathrm{h}$$

e) Eseguire la stessa valutazione per un velivolo bimotore che abbia la possibilità di volare con un solo motore.

$$R_1 = R^2 + \binom{2}{1} R (1-R) \cong 0.99999999$$

$$\mathrm{MTBF}_1 = -\frac{t}{\ln R_1} \cong 100000000\ \mathrm{h}$$