

**5.**

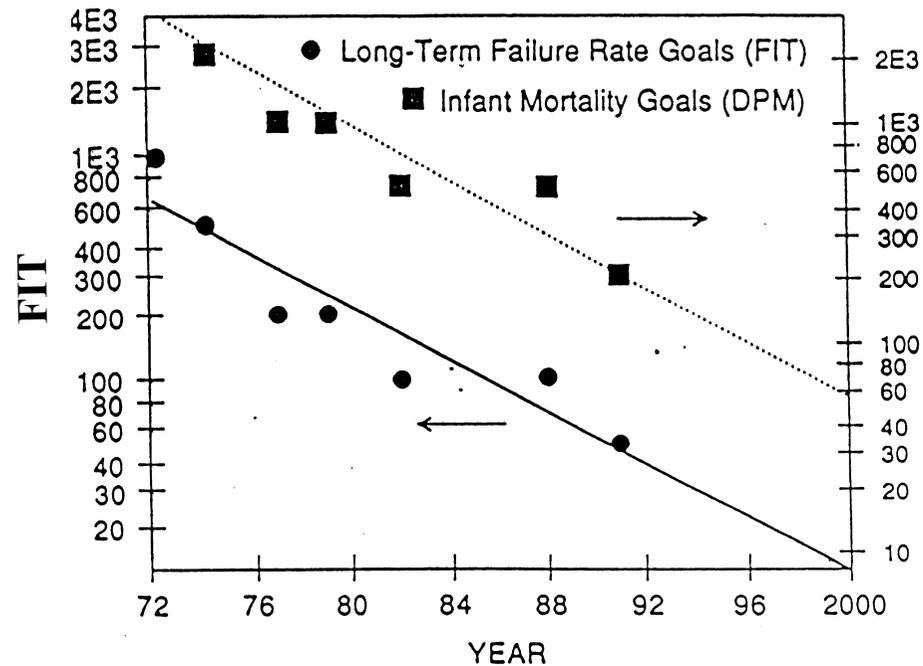
**LE PROVE**

**ACCELERATE**

Ed.1 del 14/09/98  
Rev. 3 del 08/09/00

# PROVE ACCELERATE

## TENDENZA PER GLI OBIETTIVI DI AFFIDABILITA'



Crook, ESREF '91

## TASSO DI GUASTO

1970: 1000-2000 FIT

1980: 200-300 FIT

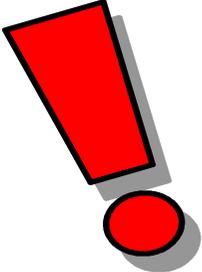
1990: 50-100 FIT

2000: ? 10 FIT ?

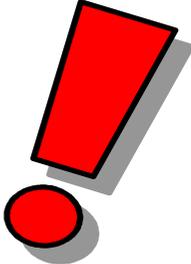
# PROVE ACCELERATE

**1 FIT = 1 GUASTO / 1 MILIARDO DI COMPONENTI  
PER ORA**

- **OBIETTIVO 100 FIT**
- **COMPONENTI 100**

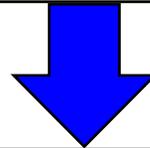


**TEMPO NECESSARIO > 100 ANNI**

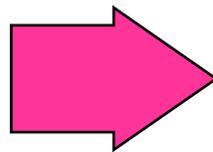
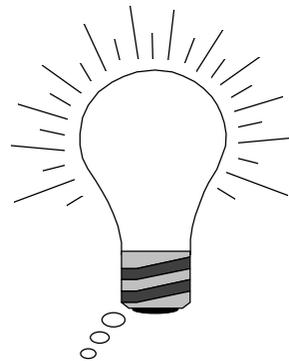


# PROVE ACCELERATE

IL TASSO DI GUASTO DEI COMPONENTI ELETTRONICI  
E' TIPICAMENTE COMPRESO TRA  $10^{-10}$  E  $10^{-7}$  h<sup>-1</sup>



UNA PROVA DI AFFIDABILITA' CONDOTTA IN  
CONDIZIONI DI FUNZIONAMENTO NOMINALI  
SAREBBE **LUNGA E COSTOSA**

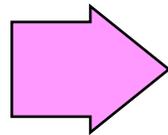
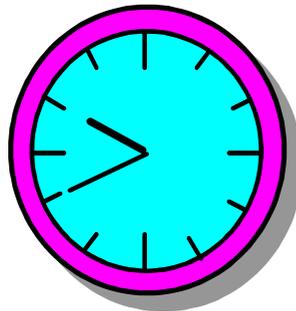


**PROVE  
ACCELERATE**

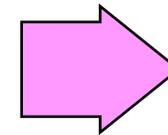
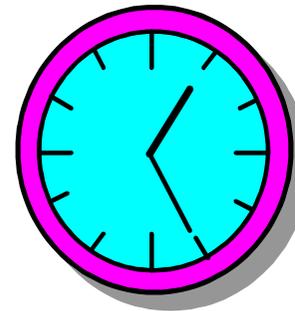
# PROVE ACCELERATE

**NORMALE  
FUNZIONAMENTO**

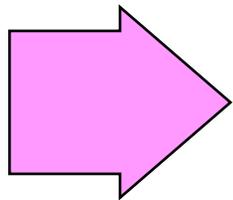
**PROVA  
ACCELERATA**



**GUASTO**



**GUASTO**



**PROVA ACCELERATA:  
COMPRESSIONE DELLA SCALA DEI TEMPI**

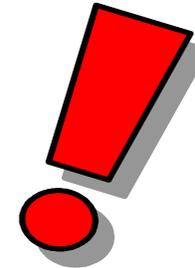
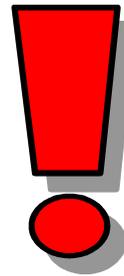
# **PROVE ACCELERATE**

## **PROVA ACCELERATA**

**Prova nella quale l'intensità della sollecitazione applicata è scelta in modo da eccedere quella stabilita alle condizioni di riferimento, allo scopo di ridurre il tempo necessario per osservare l'effetto della sollecitazione sull'oggetto, oppure di accentuare questo effetto in un dato tempo.**

**UNI 8000**

# PROVE ACCELERATE

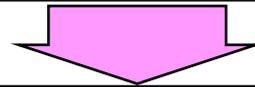


**UNA PROVA ACCELERATA NON DEVE:**

- **PROVOCARE ALTERAZIONI DEL MECCANISMO DI GUASTO**
- **ACCELERARE ALTRI MECCANISMI DI GUASTO**

# PROVE ACCELERATE

## TRASFORMAZIONE DELLA SCALA DEI TEMPI



## FATTORE DI ACCELERAZIONE

**A**

## ACCELERAZIONE LINEARE

$$t_N = At_s$$

$$f_N(t) = \left(\frac{1}{A}\right) f_s\left(\frac{t}{A}\right)$$

$$F_N(t) = F_s\left(\frac{t}{A}\right)$$

$$\lambda_N(t) = \left(\frac{1}{A}\right) \lambda_s\left(\frac{t}{A}\right)$$

# PROVE ACCELERATE

$$F_N(t) = F_S\left(\frac{t}{A}\right)$$

## DISTR. ESPONENZIALE

$$\lambda_N = \frac{\lambda_S}{A}$$

## DISTR. DI WEIBULL

$$\alpha_N = A\alpha_S$$

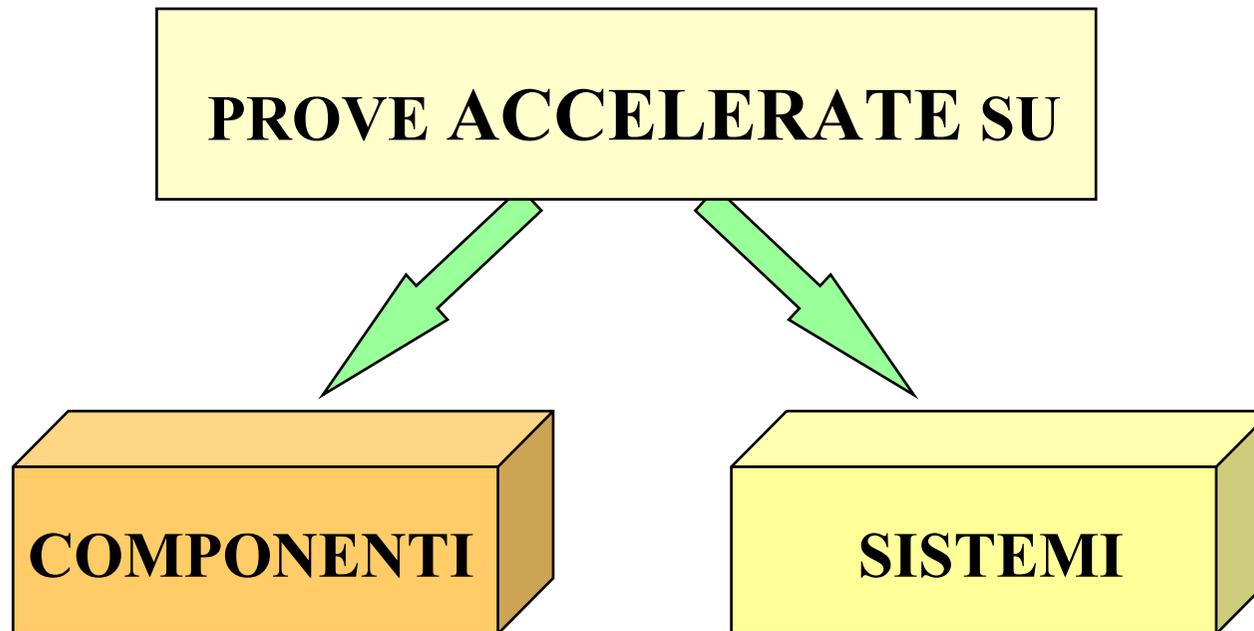
$$\beta_N = \beta_S$$

## DISTR. LOGNORMALE

$$t_{mN} = At_{mS}$$

$$\sigma_N = \sigma_S$$

# PROVE ACCELERATE



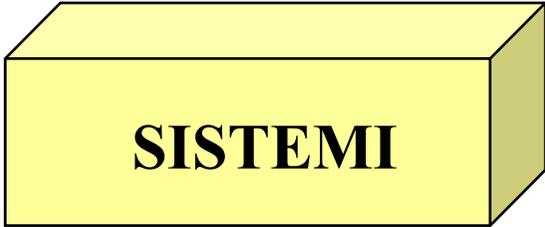
# PROVE ACCELERATE



## COMPONENTI

- **IN BASE ALL'ESPERIENZA SI SELEZIONA UN MODO DI GUASTO E QUINDI LO STRESS CHE LO ACCELERA**
- **L'OBIETTIVO E' LA COMPRENSIONE FISICA DEL FENOMENO**
- **SI POSSONO ESTRARRE MODELLI FISICI**

# PROVE ACCELERATE



**SISTEMI**

- **IL LIMITE E' POSTO DALLA ROBUSTEZZA DEL COMPONENTE PIU' DEBOLE**
- **SI PREFERISCE FARE STRESS COMBINATI**
- **SI POSSONO ESTRARRE SOLO MODELLI EMPIRICI**

# **PROVE ACCELERATE**

**AL CRESCERE DELLA COMPLESSITA'  
DEI CIRCUITI INTEGRATI PUO' ESSERE  
RICHIESTO  
CHE LA PROVA VENGA REALIZZATA SU  
STRUTTURE DI TEST OPPORTUNAMENTE  
PREPARATE ANZICHE' SUL DISPOSITIVO  
REALE**

# **PROVE ACCELERATE**

**LE UNITA' UTILIZZATE NELLA PROVA  
ACCELERATA SONO RACCOLTE IN MODO CASUALE  
DALLA POPOLAZIONE DI INTERESSE E SONO  
ASSEGNATE CASUALMENTE AI DIVERSI  
LIVELLI DI STRESS**

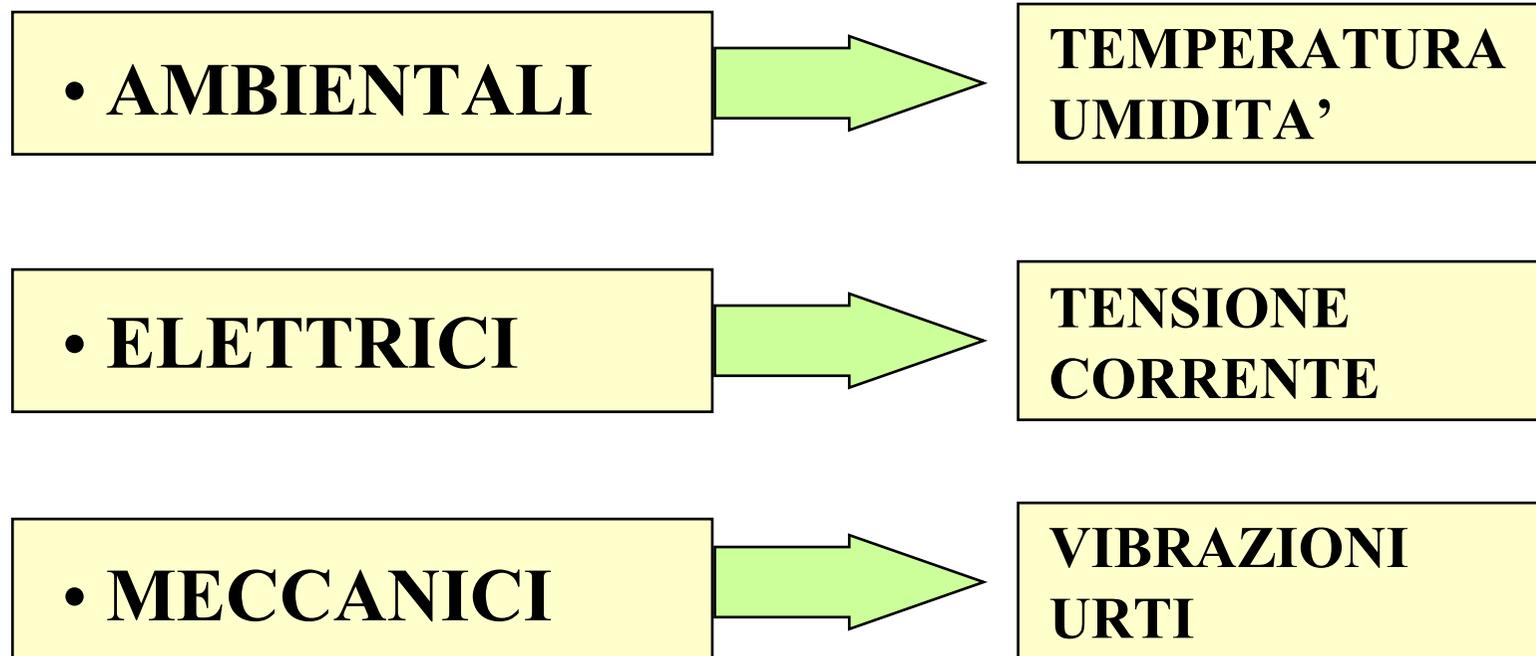
**LA NUMEROSITA' DEL CAMPIONE PUO'ESSERE:**

**- PREDEFINITA PER MOTIVI ECONOMICI O ALTRE  
COSTRIZIONI**

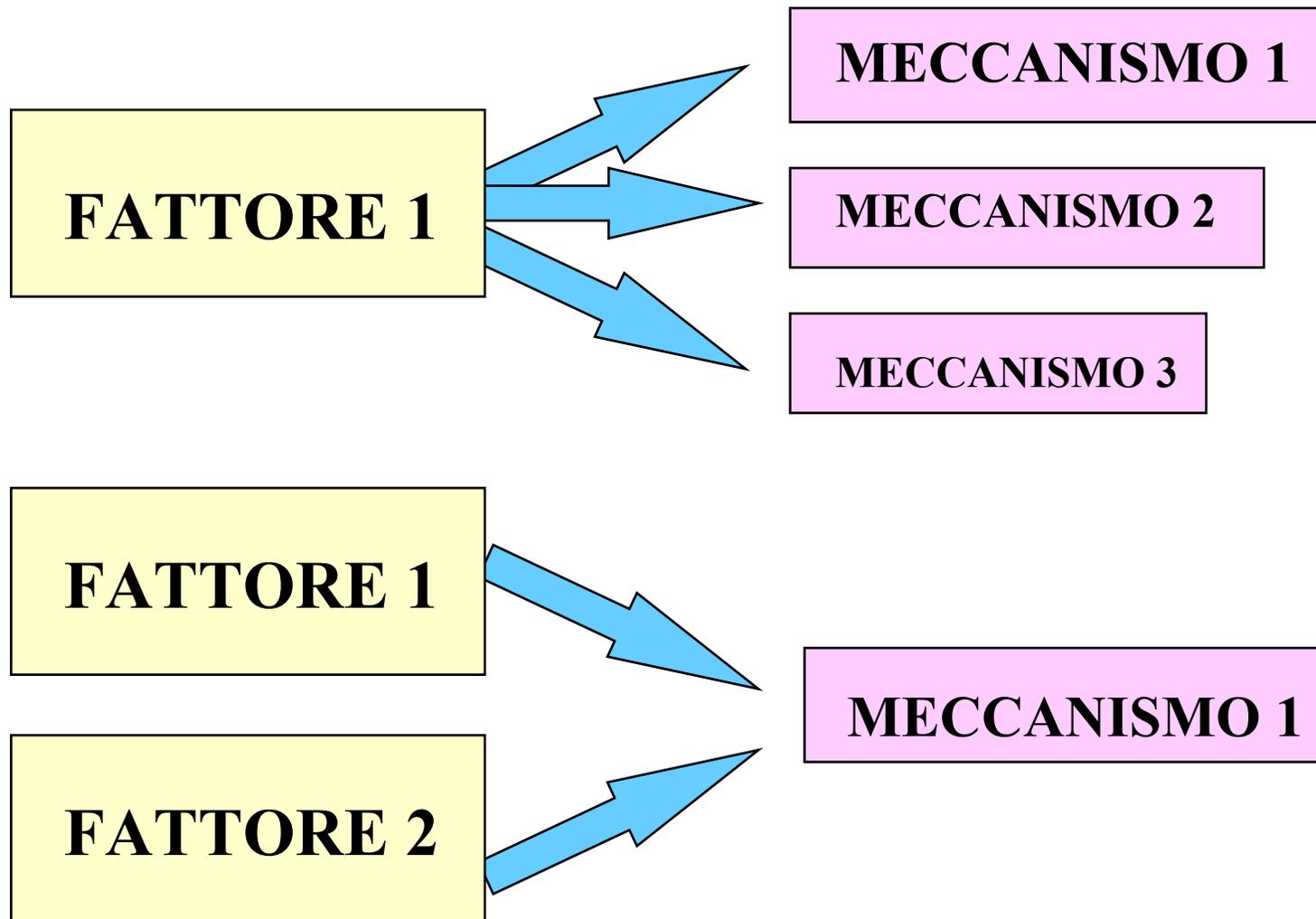
**- SCELTA IN MODO ADEGUATO PER OTTENERE IL GRADO  
DI PRECISIONE RICHIESTA**

# PROVE ACCELERATE

## FATTORI DI STRESS

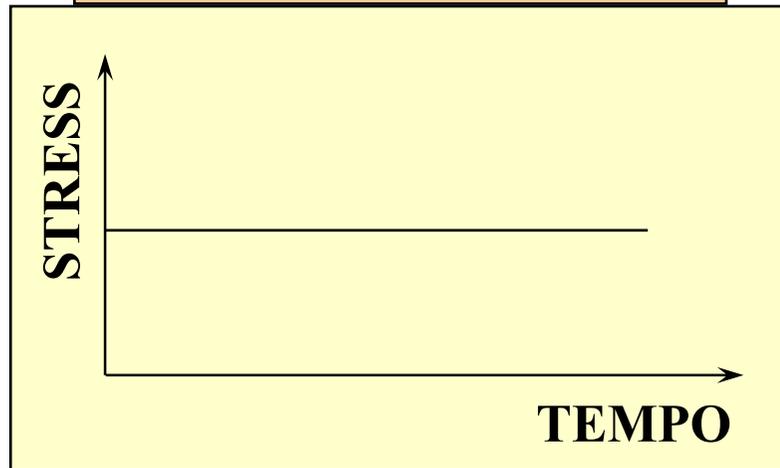


# PROVE ACCELERATE



# PROVE ACCELERATE

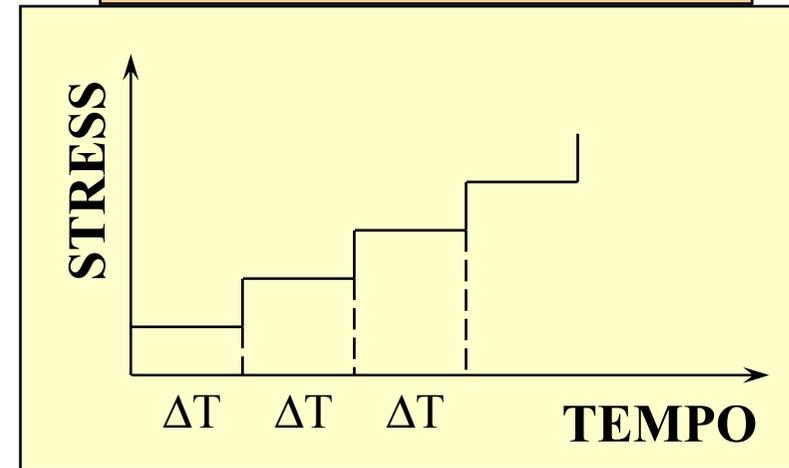
## STRESS COSTANTE



### VANTAGGI

- SEMPLICE DA ESEGUIRE
- MODELLI MEGLIO SVILUPPATI
- TECNICHE DI ANALISI DATI PIU' SEMPLICI

## STRESS A GRADINO



### VANTAGGI

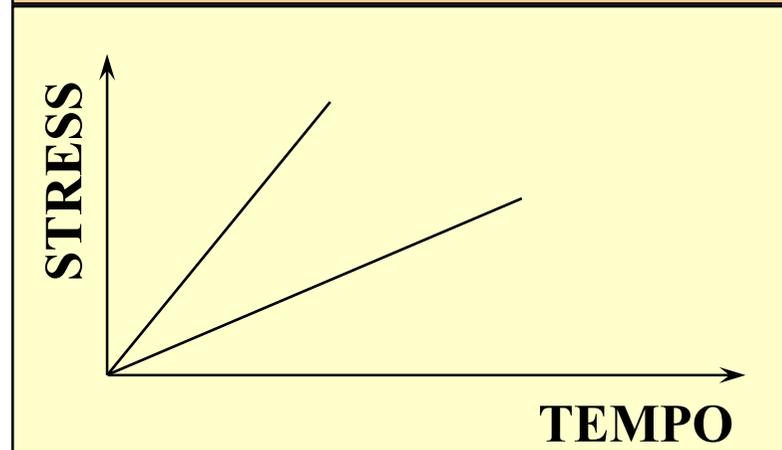
- GUASTO VELOCE

### SVANTAGGI

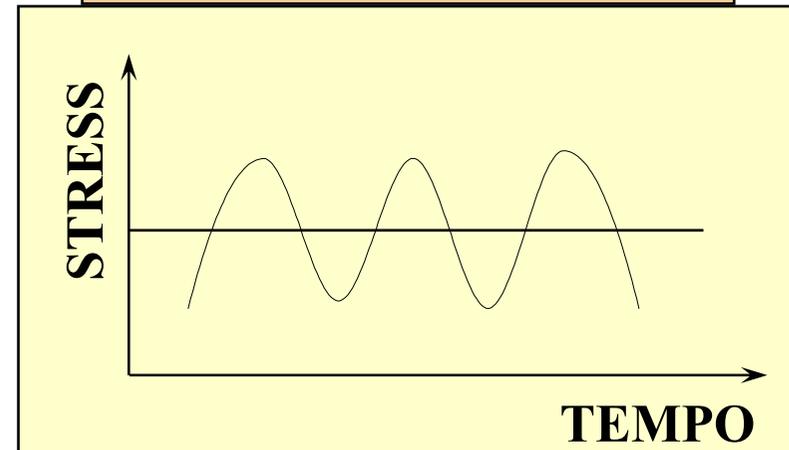
- MODELLI PIU' COMPLESSI
- ACCELERAZIONI PER DIVERSI MECCANISMI DI GUASTO

# PROVE ACCELERATE

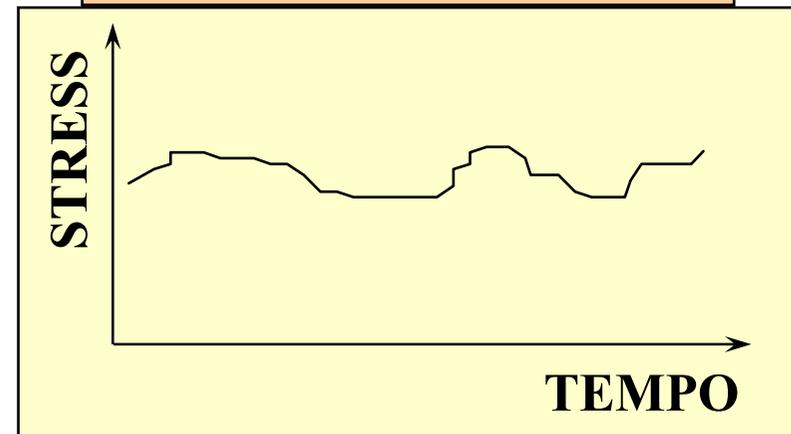
## STRESS PROGRESSIVO



## STRESS CICLICO



## STRESS CASUALE



### VANTAGGI

- **GUASTO VELOCE**

### SVANTAGGI

- **MODELLI PIU' COMPLESSI**
- **ACCELERAZIONI PER DIVERSI MECCANISMI DI GUASTO**
- **DIFFICILE CONTROLLARE LO STRESS**

# **PROVE ACCELERATE**

## **PROGRAMMAZIONE DI UNA PROVA ACCELERATA**

- **SELEZIONE DEI FATTORI DI STRESS**
- **SCELTA E NUMEROSITA' DEL CAMPIONE**
- **LIVELLI E DURATA DELLO STRESS**
- **DEFINIZIONE CRITERIO DI GUASTO**
- **SCELTA MODELLO DI ACCELERAZIONE**
- **MODO DI GUASTO ATTESO**

# PROVE ACCELERATE

<b>MECCANISMO DI GUASTO</b>	<b>FATTORE DI STRESS</b>
<b>DIFFUSIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Temperatura</li><li>● Gradienti di concentrazione</li></ul>
<b>PERDITA DI ADESIONE E DELAMINAZIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Temperatura</li><li>● Umidità</li></ul>
<b>CORROSIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Temperatura</li><li>● Umidità</li><li>● Contaminanti</li></ul>
<b>ELETTROMIGRAZIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Densità di corrente</li><li>● Temperatura</li></ul>
<b>ROTTURA DIELETRICI</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>● Tensione</li><li>● Temperatura</li></ul>

# LE NORME SULLE PROVE

**1. JEDEC STANDARDS: JESD22**

**2. MIL: MIL-STD-883E**

**3. IEC: IEC 749**

# LE NORME SULLE PROVE

	TEMP	CICLI TEMP	CICLI POT	UMID	BIAS
TEMP	A103/B106 1008			A101/A102 A110	A101/A110 1005/1006
CICLI TEMP		A104/A106 1010/1011	A105	A100	A100 1007
CICLI POT		A105			
UMID	A101/A102 A110	A100		A112 1004	A100/A101 A110
BIAS	A101/A110 1005/1006	A100 1007		A100/A101 A110	A108 1005/1006

	MIL
	JEDEC

# LE NORME SULLE PROVE : TEST MECCANICI

## **JEDEC ([www.jedec.org](http://www.jedec.org))**

- B103** - VIBRATION, VARIABLE FREQUENCY
- B104** - MECHANICAL SHOCK

## **MIL ([www.dscclia.mil](http://www.dscclia.mil))**

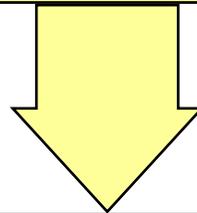
- 2001** - CONSTANT ACCELERATION
- 2002** - MECHANICAL SHOCK
- 2005/6/7** - VIBRATION
- 2011** - BOND STRENGTH
- 2027** - SUBSTRATE ATTACH STRENGTH

# FATTORI DI STRESS

FATTORI DI STRESS	MODELLI
TEMPERATURA	ARRHENIUS
TEMPERATURA+BIAS	EYRING
CICLI TEMPERATURA	COFFIN-MANSON
CICLI POTENZA	COFFIN-MANSON
TEMPERATURA E UMIDITA'	PRESSIONE DI VAPORE REICH HAKIM EYRING PECK
TENSIONE/CORRENTE	EYRING

# **FATTORE DI STRESS: TEMPERATURA**

**I MECCANISMI DI GUASTO DI MOLTI COMPONENTI ELETTRONICI SONO ATTIVATI DALL'AUMENTO DELLA TEMPERATURA**



**AUMENTARE LA TEMPERATURA E' QUINDI UN METODO MOLTO COMUNE DI REALIZZARE UNA PROVA ACCELERATA**

# FATTORE DI STRESS: TEMPERATURA

**LEGGE DI ARRHENIUS:  
DESCRIVE LA CINETICA DI UNA REAZIONE CHIMICA**

$$R = R_0 \exp\left(-\frac{E_a}{kT}\right)$$

**R - VELOCITA' DI REAZIONE**

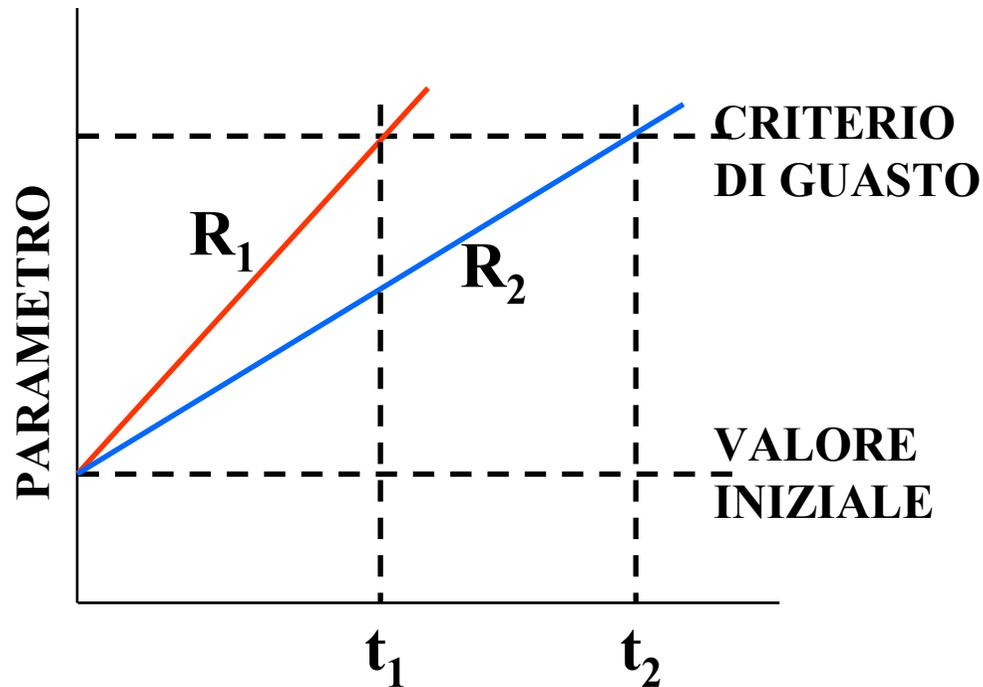
**R<sub>0</sub> - COSTANTE**

**E<sub>a</sub> - ENERGIA DI ATTIVAZIONE DELLA REAZIONE [eV]**

**k - COSTANTE DI BOLTZMAN [eV/K]**

**T - TEMPERATURA ASSOLUTA [K]**

# FATTORE DI STRESS: TEMPERATURA



$$t_f = C \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right)$$

$T_N$                        $T_S$

↓                                      ↓

$$t_N = C \exp\left(\frac{E_a}{kT_N}\right) \quad t_S = C \exp\left(\frac{E_a}{kT_S}\right)$$

$$A = \frac{t_N}{t_S} = \exp\left(\frac{E_a}{k} \left( \frac{1}{T_N} - \frac{1}{T_S} \right)\right)$$

# FATTORE DI STRESS: TEMPERATURA



**E<sub>a</sub> - ENERGIA DI ATTIVAZIONE**



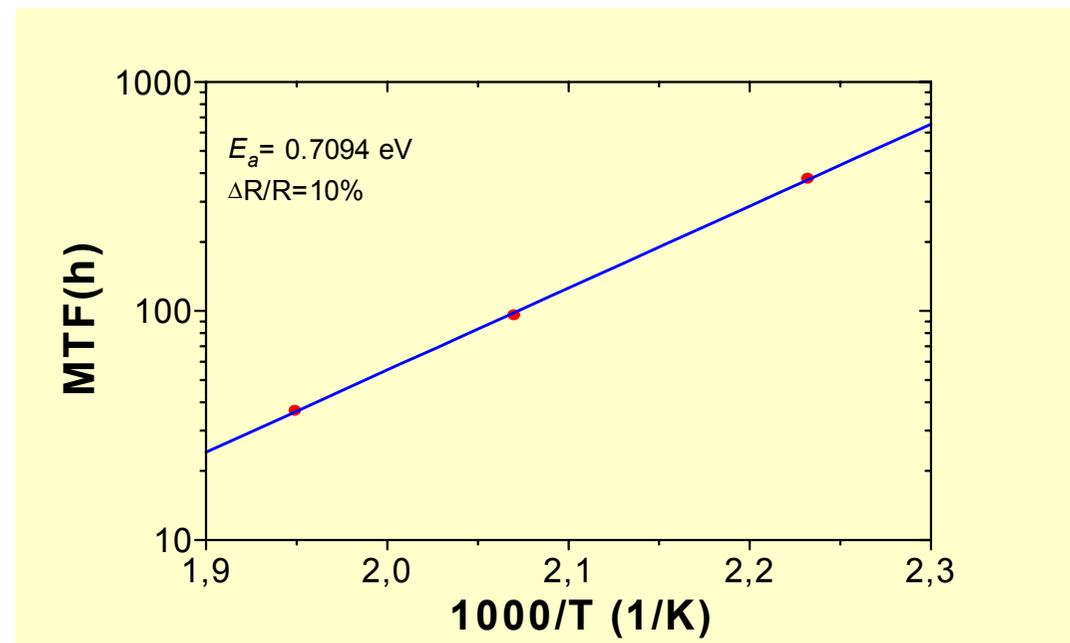
**A - COEFFICIENTE DI ACCELERAZIONE**



**DIPENDENZA DEL FENOMENO DALLA T**

## DIAGRAMMA DI ARRHENIUS

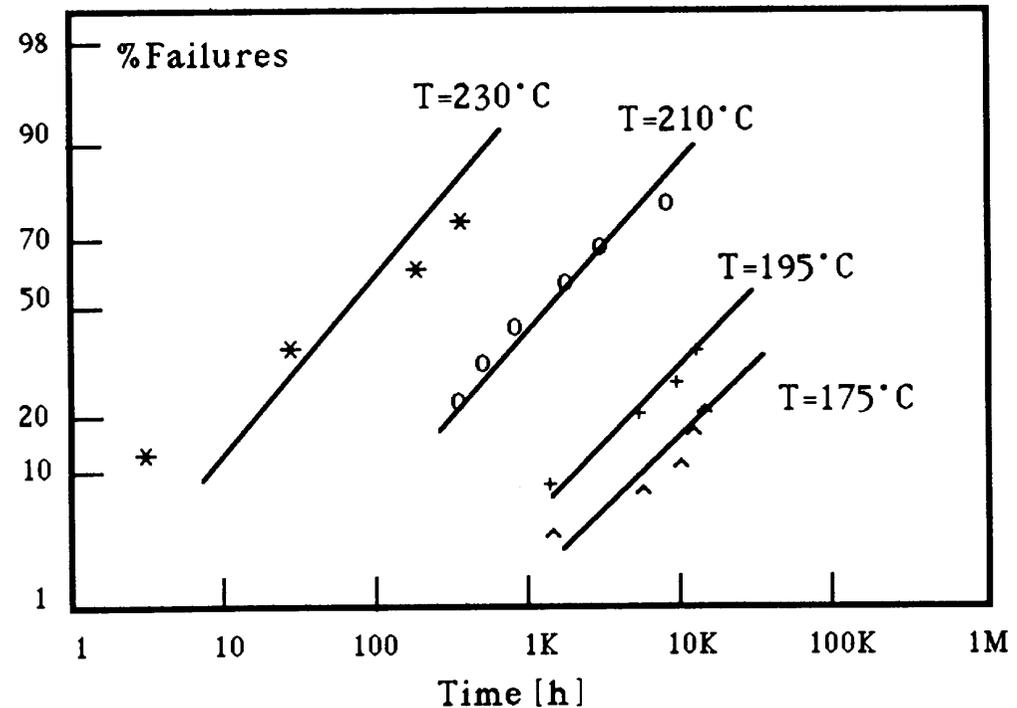
$$t = C \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right)$$



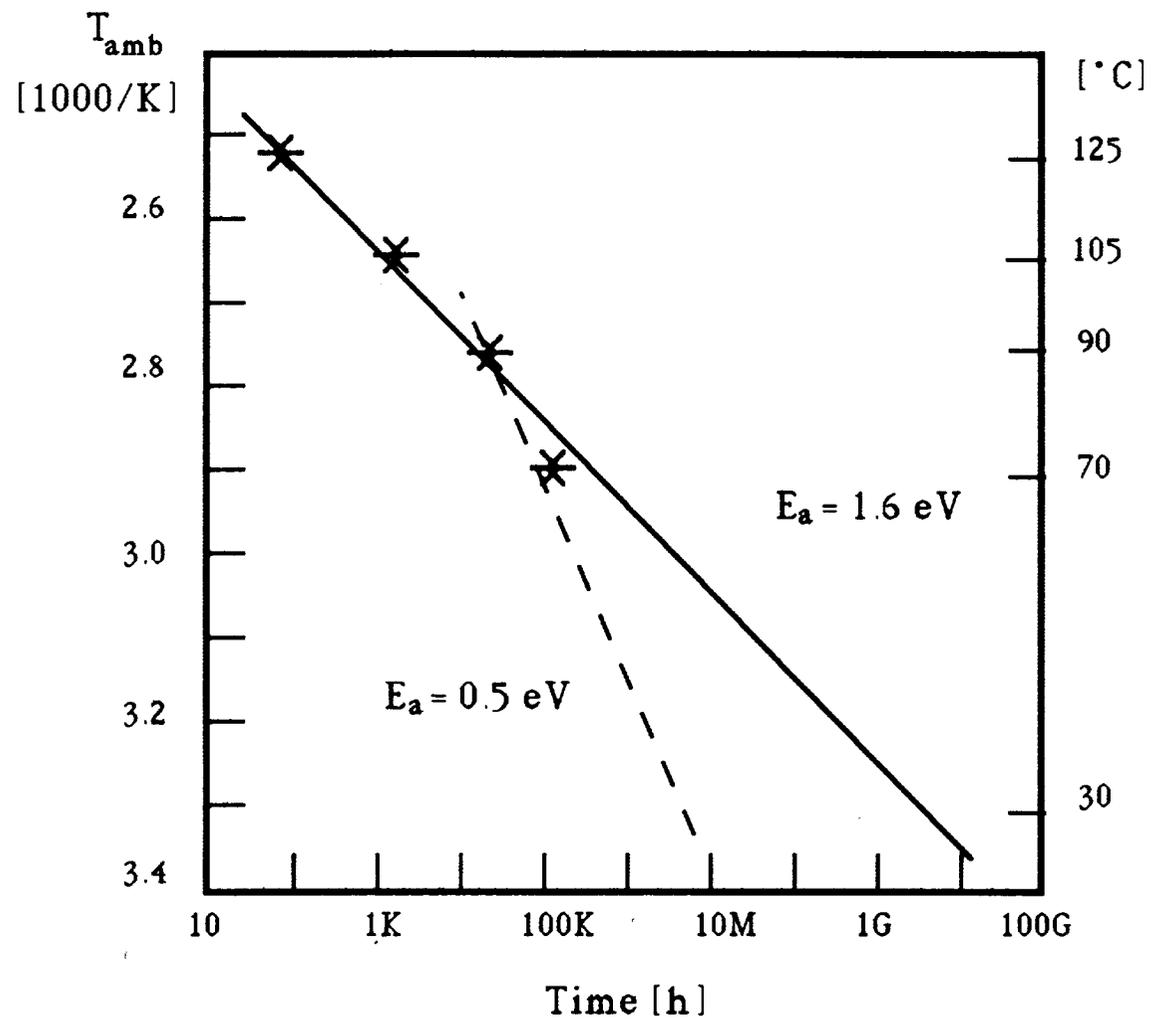
# ESEMPIO

**GaAs MESFET**  
**4 PROVE REALIZZATE A TEMPERATURA**  
**TRA 70°C E 125°C PER CIRCA 20.000 h**  
**CON DISPOSITIVO ALIMENTATO**

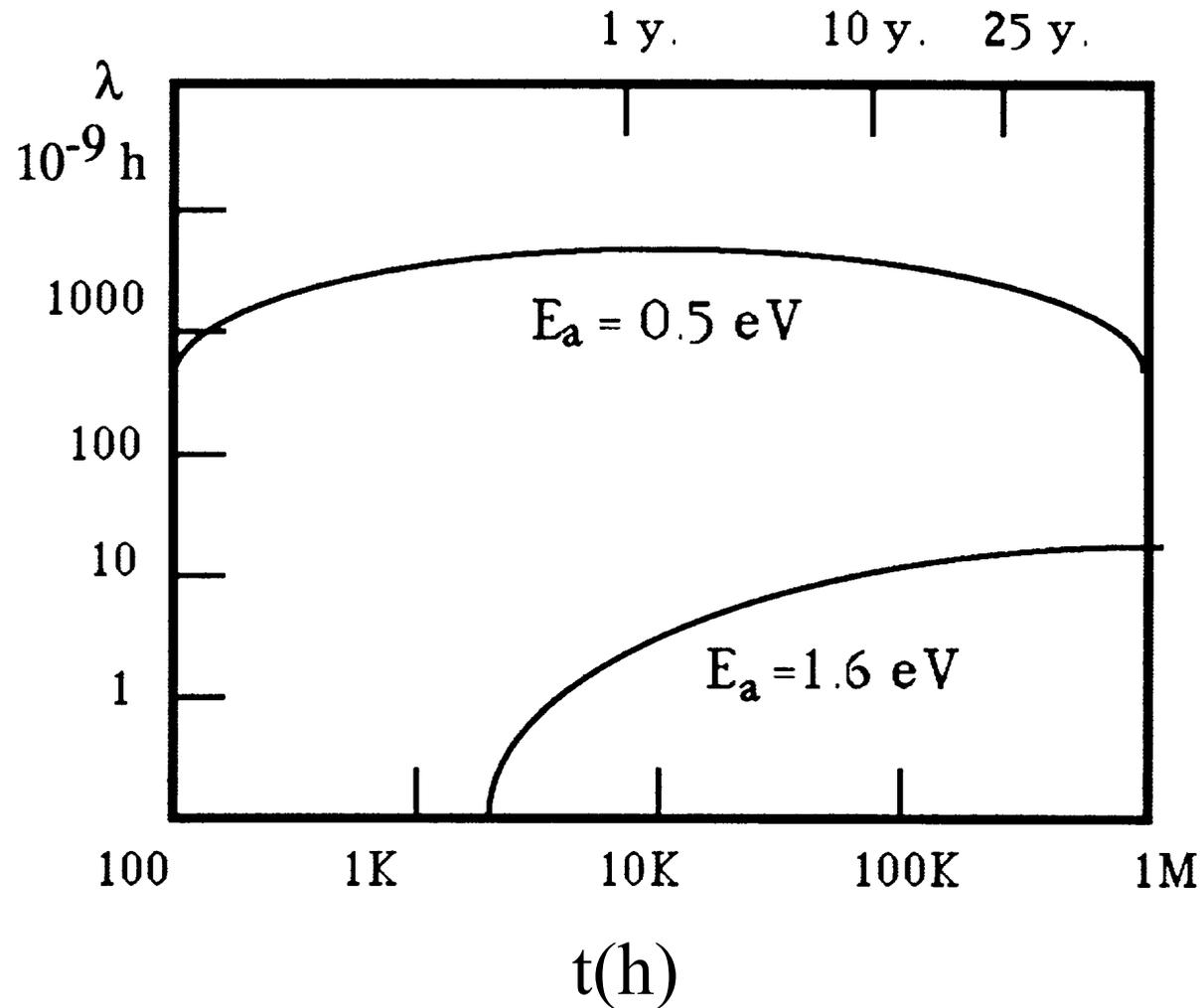
DISP.	T <sub>j</sub> (°C)
1	175
2	195
3	210
4	230



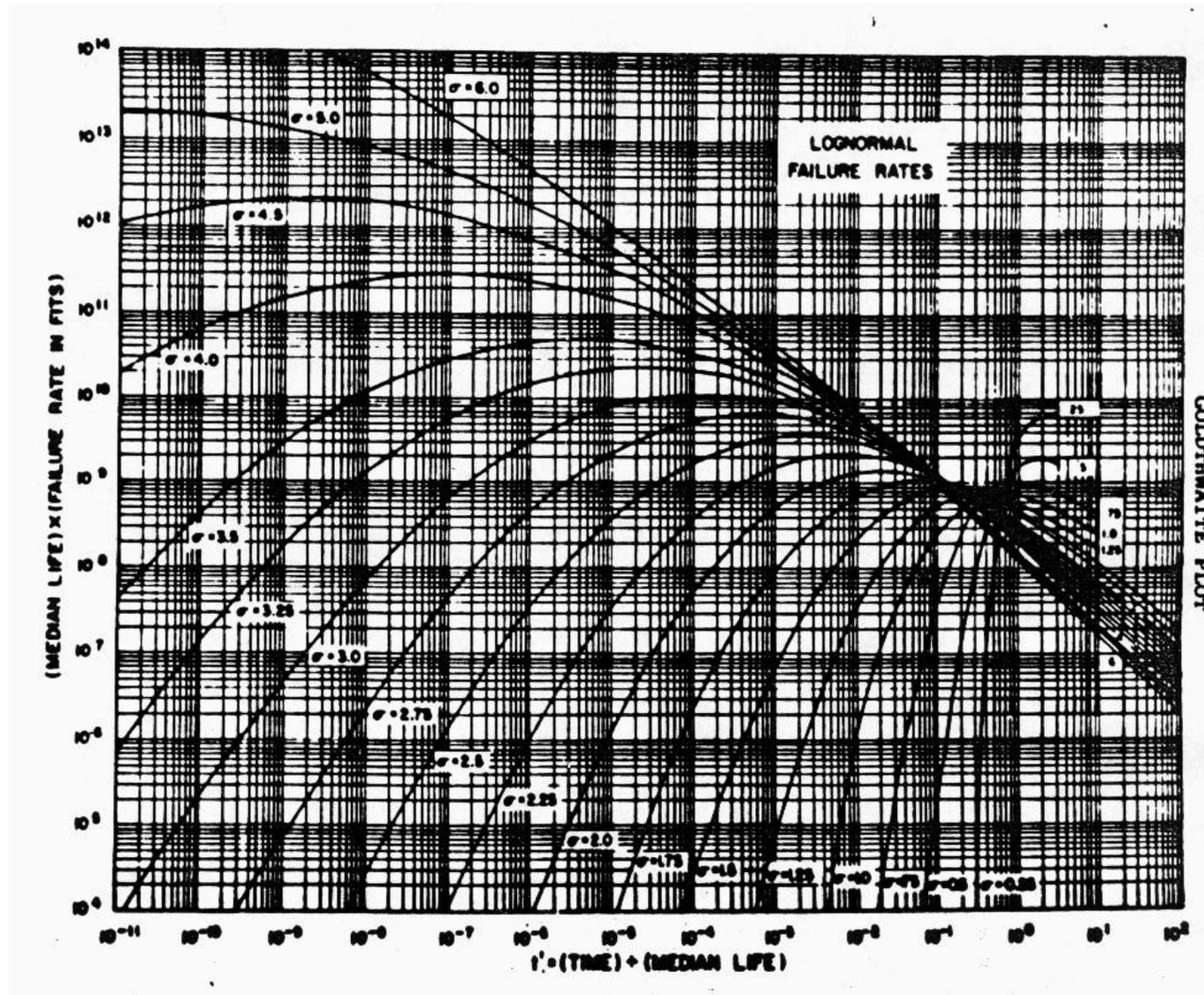
# ESEMPIO



# ESEMPIO: TASSO DI GUASTO A T AMBIENTE

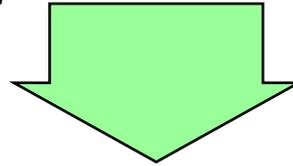


# GRAFICO DI GOLDTHWAITE



# FATTORE DI STRESS: TEMPERATURA + BIAS

SE LA TEMPERATURA E' COMBINATA AD UN SECONDO FATTORE DI STRESS IL MODELLO DI ARRHENIUS NON E' PIU' UTILIZZABILE



## MODELLO DI EYRING

$$t_m = AT^\alpha \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) \exp\left[B + \left(\frac{C}{T}\right)\right] S$$

**A,  $\alpha$ , B, C - COSTANTI**

**$E_a$  - ENERGIA DI ATTIVAZIONE**

**S - STRESS (ES. TENSIONE)**

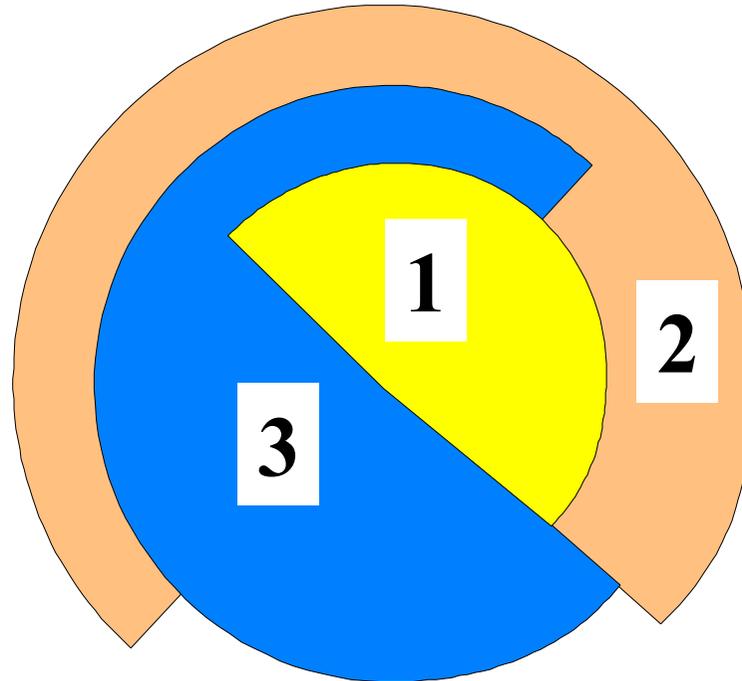
**k - COSTANTE DI BOLTZMAN [eV/K]**

**T - TEMPERATURA ASSOLUTA [K]**

# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

UMIDITA'

BIAS



TEMPERATURA  
COSTANTE

CICLI DI  
TEMPERATURA

# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

## 1- ACCELERATED MOISTURE RESISTENCE UNBIASED AUTOCLAVE JESD22-A102-B

**T=121°C**

**Pressione del Vapore=15\*10<sup>5</sup> Pa**

**RH=100%**

CONDIZIONI DI PROVA	DURATA (h)
A	24
B	48
C	96
D	168
E	240
F	336

# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

## 2- STEADY STATE TEMPERATURE HUMIDITY BIAS LIFE TEST (THB 85/85)

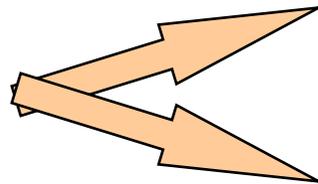
**EIA/JESD22-A101-B**

**T=85°C**

**RH=85%**

**DURATA=1000 h**

**BIAS**



**CONTINUA**

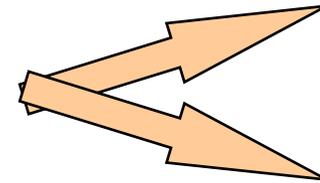
**CICLICA**

# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

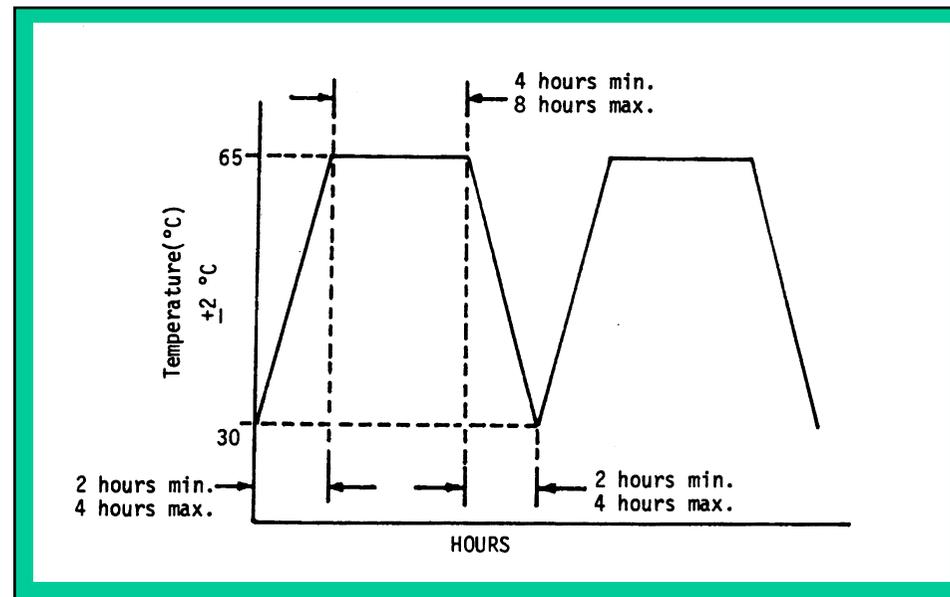
## 3- CYCLED TEMPERATURE HUMIDITY BIAS LIFE TEST JESD22-A100-A

**RH=90-98%**  
**DURATA=1008 h**

**BIAS**

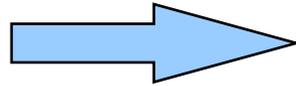


**CONTINUA**  
**CICLICA**

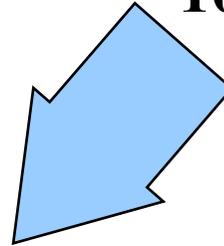
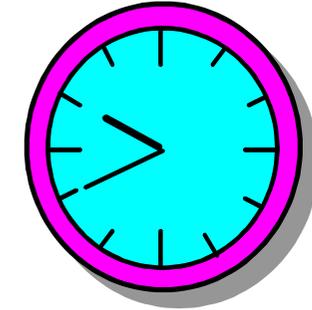


# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

**THB 85/85**



**DURATA  
1000 ORE**



**HAST:**

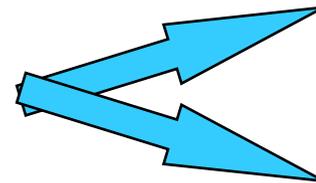
**HIGHLY-ACCELERATED TEMPERATURE AND HUMIDITY  
STRESS TEST (EIA/JESD22-A110-A)**

**T=130°C**

**RH=85%**

**DURATA=96 h**

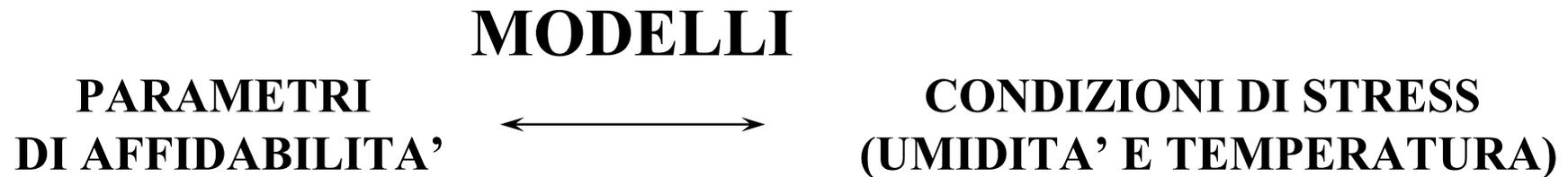
**BIAS**



**CONTINUA**

**CICLICA**

# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'



- **MODELLO DELLA PRESSIONE DI VAPORE**
- **MODELLO DI REICH HAKIM**
- **MODELLO DI EYRING**
- **MODELLO DI PECK**

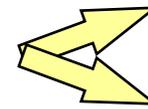


**QUALE MODELLO UTILIZZARE**



# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

## MODELLO DELLA PRESSIONE DI VAPORE



VITA MEDIANA

PRESSIONE DEL VAPORE

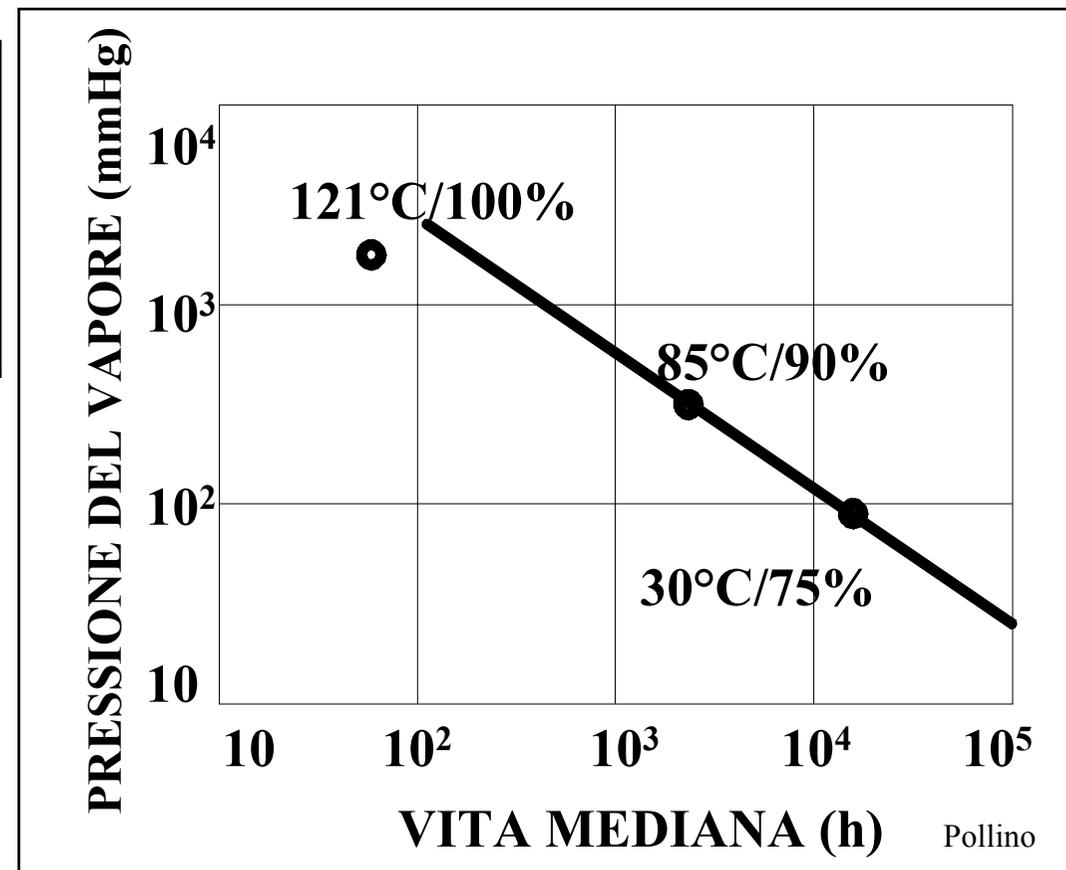
$$t_m = A \exp \frac{B}{V_p - K}$$

$t_m$  - VITA MEDIANA

A, B - COSTANTI

K=131 mmHg

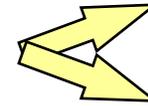
$V_p$  - PRESSIONE  
DEL VAPORE



# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

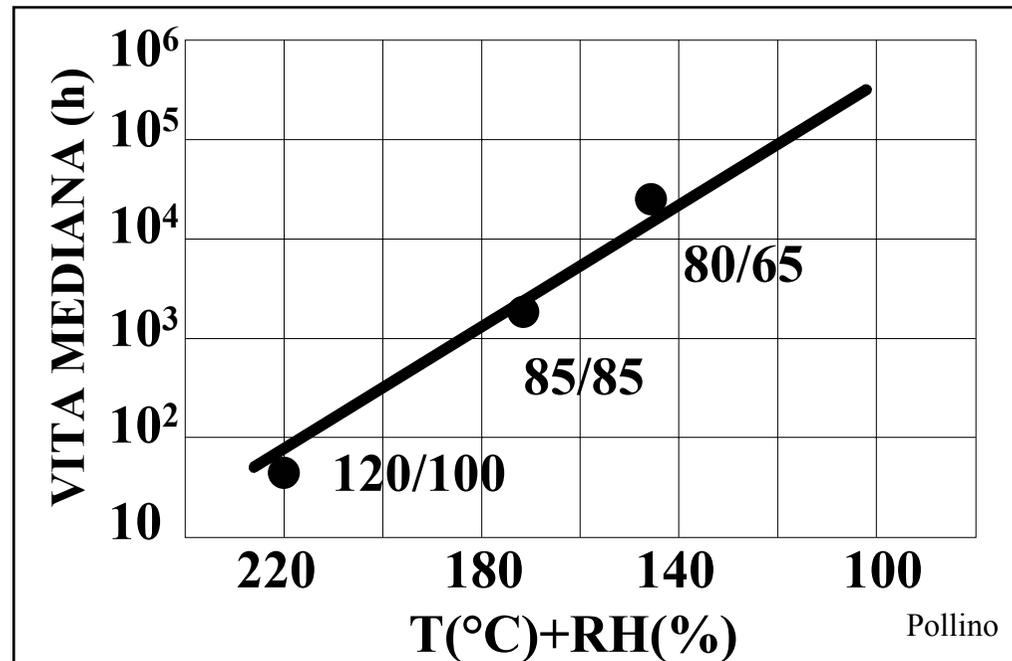
MODELLO DI REICH HAKIM

VITA MEDIANA



SOMMA T (°C) + RH (%)

$$t_m = \exp - [A + B(T + RH)]$$



# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

## MODELLO DI EYRING

VITA MEDIANA

• TEMPERATURA

• UMIDITA' RELATIVA

## MODELLO DI ARRHENIUS

$$t_m = A \exp\left[\frac{E_a}{KT}\right] * \exp\left[\frac{B}{RH * E_{ca}}\right]$$

$$A = \exp\left[\frac{E_a}{K} \left(\frac{1}{T_N} - \frac{1}{T_S}\right) + B \left(\frac{1}{RH_N} - \frac{1}{RH_S}\right)\right]$$

$t_m$  - VITA MEDIANA

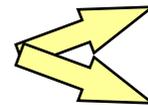
$RH$  - UMIDITA' RELATIVA

$A, B$  - COSTANTI

$E_{ca}$  - CAMPO ELETTRICO NELLA ZONA  
DI POSSIBILE CORROSIONE

# FATTORE DI STRESS: UMIDITA'

## MODELLO DI PECK



VITA MEDIANA

• TEMPERATURA

• UMIDITA' RELATIVA

$$t_m = A(RH)^{-n} \exp\left[\frac{Ea}{KT}\right]$$

$$A = \left(\frac{RH_s}{RH_N}\right)^n \exp\left[\frac{Ea}{K} \left(\frac{1}{T_N} - \frac{1}{T_s}\right)\right]$$

# FATTORE DI STRESS: TENSIONE, CORRENTE

## POWER RULE

$$t_m = AV^{-B}$$

## EYRING

$$t_m = A \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) V^{-B}$$

## EYRING

$$t_m = A \exp\left(\frac{E_a}{kT}\right) J^{-n}$$

**A, B, n - COSTANTI DA VALUTARE  
SPERIMENTALMENTE**

**V - TENSIONE**

**J - DENSITA' DI CORRENTE**

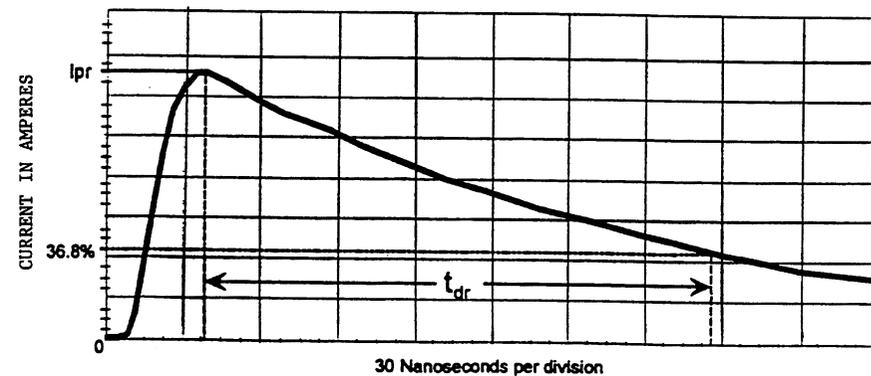
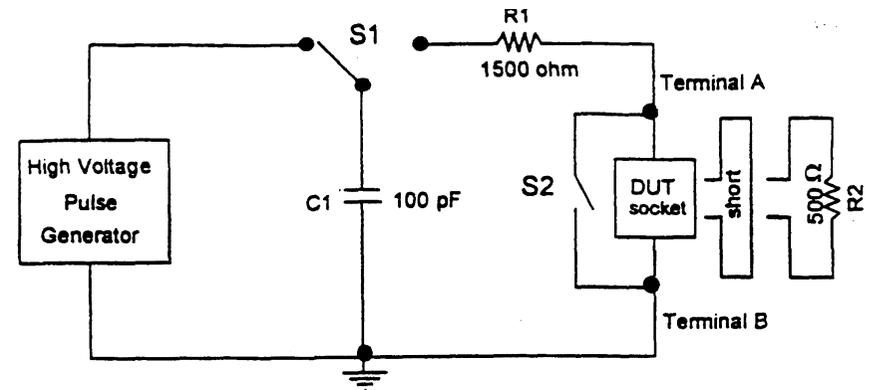
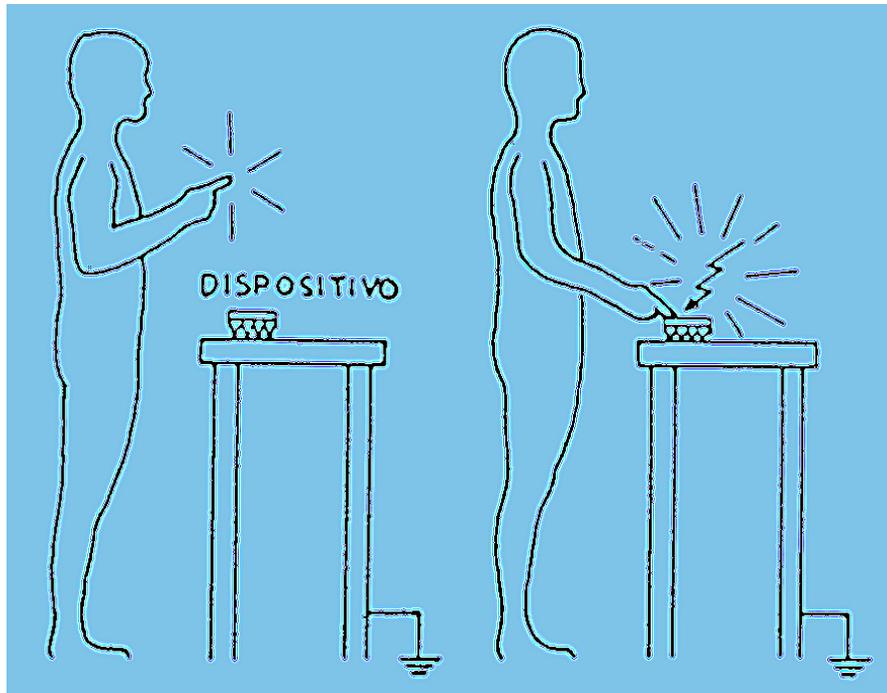
# SCARICHE ELETTROSTATICHE (ESD)

Improvviso trasferimento di elettroni  
tra due corpi a differente potenziale

## **MODELLI:**

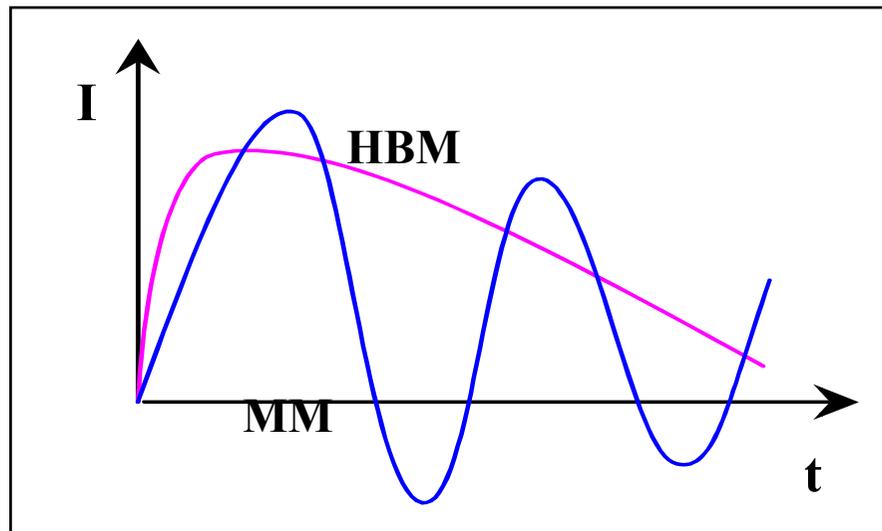
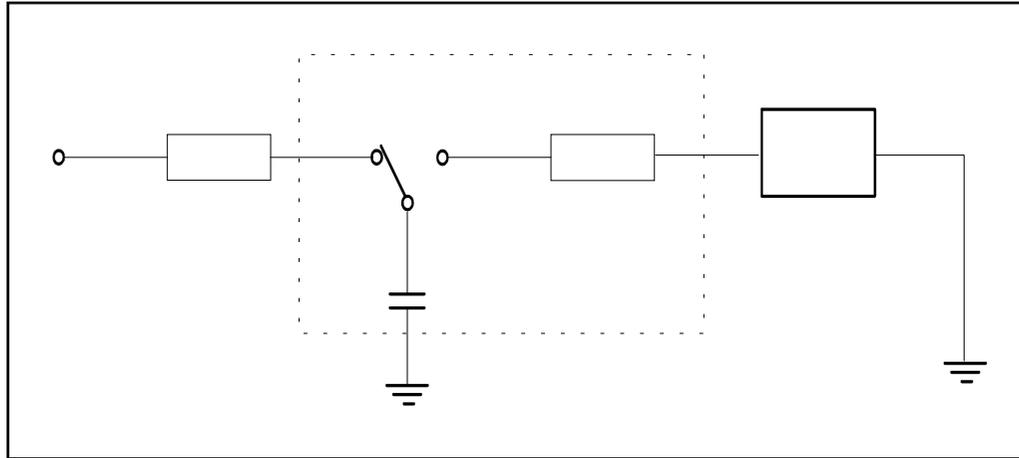
- **Human Body Model (HBM)**
- **Charged Device Model (CDM)**
- **Machine Model (MM)**

# ESD TEST METHODS: HUMAN BODY MODEL (HBM)



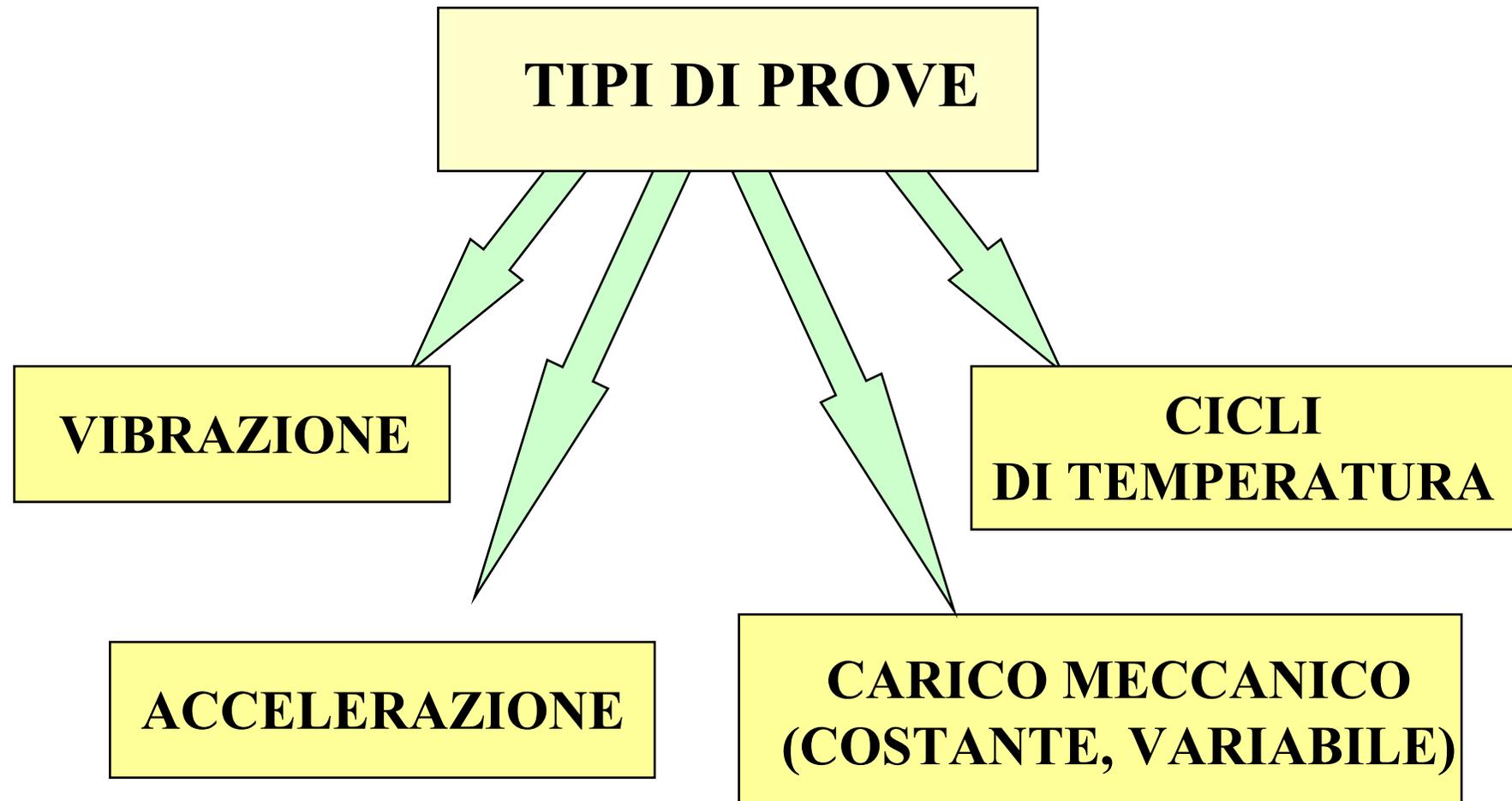
**MIL-STD-883E**  
**EIA/JESD22-A114-A**

# ESD TEST METHODS: MACHINE MODEL (MM)



**JESD22-A115-A**

# STRESS MECCANICI



# STRESS MECCANICI: CICLI DI TEMPERATURA

## MODELLO DI COFFIN-MANSON

$$N_f = Af^\alpha \left( \frac{1}{\Delta T} \right)^\beta G(T_{\max})$$

**$N_f$**  - numero di cicli per una data percentuale di guasti

**$f$**  - frequenza del ciclo

**$\Delta T$**  - intervallo di temperatura

**$G$**  - fattore dipendente dalla temperatura massima raggiunta durante un ciclo ( $T_{\max}$ )

**$T_{\max}$**  - temperatura massima raggiunta durante il ciclo

**$A$ ,  $\alpha$  e  $\beta$**  - costanti

# **STRESS MECCANICI**

**DIFFERENZE RISPETTO ALLE PROVE ACCELERATE IN  
TEMPERATURA ED UMIDITA'**

**DIFFICILE ESTRAPOLARE I RISULTATI  
ALLE CONDIZIONI DI IMPIEGO  
(SOGLIE DI SOLLECITAZIONE)**

**OBIETTIVO: CONTROLLO DELLA STABILITA'  
DEI PROCESSI E DELL'INFLUENZA DEI DIFETTI  
DI PRODUZIONE**