

MTBF

信心度a	0.9
允许的失效数r	1
要求MTBF值:	2000
可信度系数A	3.88972017
应该测试时间:	7779.44034
Ea为激活能 (eV) ,	0.6
k为玻尔兹曼常数	8.6*10E-5
加速状态温度Ts	75
常态温度Tu	25
加速状态相对湿度RHs	0.85
常态相对湿度Rhu	0.75
试念台数:	10
加速因子	33.91229946
室温下的测试时间	7779.44034
高温下的测试时间	229.3987864
测试时间	
总测试时间:	22.93987864

例子:

Ea为激活能 (eV) ,	1
k为玻尔兹曼常数	8.617385*10E-5
加速状态温度Ts	85

$$A=0.5*X2(1-a, 2(r+1))$$

$X2(1-a, 2(r+1))$ 是自由度为2
a 是要求的信心度, 为90%;

允许失效1次时, $A=0.5*CHIINV$
所以应该测试的时间为: 3.89
也就是当设备运行7780H是只出

根据加速模型 (Arrhenius Model)

$$AF=\exp\{(Ea/k)*[(1/Tu)-(1/Ts)]\}$$

Ea为激活能 (eV) ,
k为玻尔兹曼常数且 $k=8.6*10E-5$
T为绝对温度、RH指相对湿度 (下标u指常态、下标s指加速状态)

根据产品的特性, 取Ea为0.6eV
 $AF=EXP(0.6*((1/298)-(1/348)))*$

所以要求的室温下的测试时间
换算后, 在高温下的测试时间
最后, 测试方案就是: 将10台
如果失效次数小于或等于一次,

Bellcore推荐的计算公式: MTBF

N为失效数 (当没有产品失效时N取
r为对应的系数 (取值与失效数

常态温度Tu 45
 加速状态相对湿度RHs 0.85
 常态相对湿度Rhu 0.25

Ttot为总运行时间;

加速因子 30.4874701
 30.4874701

Bellcore推荐的Ea, 为0.8eV
 11个样品在85%RH、85°C下贮

EXP((Ea*10^5/8.617385)*(1/(使用温度Tu+273))-1/(试验温度Tt+273))+ (使用湿度

试念台数: 11
 贮存时间: 2000

$$\begin{aligned}
 AF &= \left(\frac{RH_t}{RH_u} \right)^3 \cdot \exp \left[\left(\frac{E_a}{R} \right) \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_t} \right) \right] \\
 &= \left(\frac{85}{25} \right)^3 \cdot \exp \left[\left(\frac{1}{8.63 \times 10^{-5}} \right) \cdot \left(\frac{1}{318} \right) \right] \\
 &= 2319
 \end{aligned}$$

设计MTBF目标值:

设计目

θp——MTBF设计值 7812.5 7800

θ0——MTBF检验上限值 6250

θ1——MTBF检验下限值 3125

最低可接收值 θ MAV 2500

用户使用要求 θ T: 2000

用户使

θ_T (MFHBF) ——门限值。根据用户需求或使用要求而定；

θ_{MAV} ——最低可接收值，一般 $\theta_{MAV}/\theta_T=1.25$ ，它是考核指标；

θ_1 ——MTBF检验下限值，在统计测试方案中，当产品MTBF真值接近或等于 θ_1 时

θ_0 ——MTBF检验上限值，在统计测试方案中，当产品MTBF真值接近或等于 θ_1 时按GJB 899测试方案III， $\alpha = \beta = 0.1$ ， $D_0=D=2$ ；

θ_p ——MTBF设计值，又称规模值，是《研制任务书》中规定和期望达到的指标；所以 $\theta_p/\theta_T=3.9$ ；也就是说，设计目标值最小应该在实现使用要求值的4倍；一般

(r+1)的X平方分布的1-a的分位数;
r 是允许的失效数

$V(1-0.9, 2^2) = 0.5 * \text{CHIINV}(0.1, 4) = 0.5 * 7.78 = 3.89;$
 $\times 2000 = 7780\text{H}.$
 现一次失效就认为此产品达到了要求的可靠性。

1e1) , 得知加速因子的表达式为:

$$:)] + (RH_u^{\hat{n}} - RH_s^{\hat{n}})$$

:5eV/K。

单位%)、

ξ (如RH_u^{\hat{n}}指常态下相对湿度的n次方), 一般情况下n取2。

, 则在75°C、85%RH下做测试1h, 相当于在室温(25°C、75%RH)的加速倍数为:
 $10^{5/8.6 + (0.85^2 - 0.75^2)} = 34$

均: $T_u = 3.89 * 20000 = 77800\text{H};$

均: $T_a = 778000 / AF = 2288\text{Hrs};$

设备在75°C、85%的下进行228.8Hrs的测试,
 就认为此产品的MTBF达到了要求

$$iF = T_{tot} / (N * r)$$

1) ;

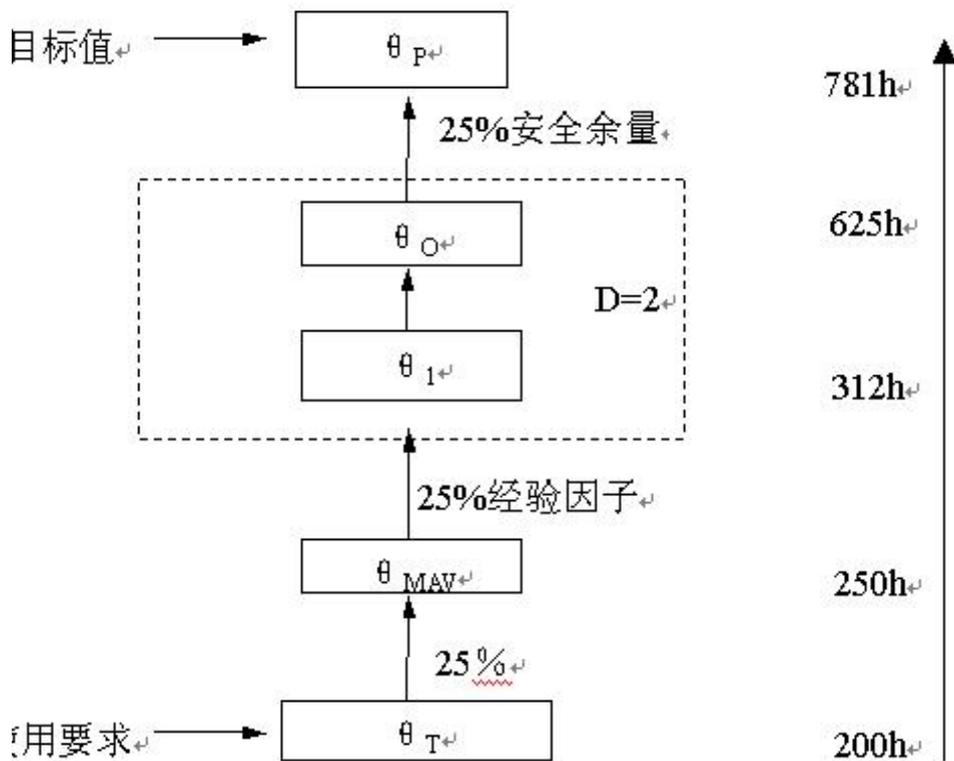
:与置信度有关);

40°C/85%

存2000Hrs时没有失效发生;

(\hat{R}_{hu}^2 -测试湿度 \hat{RH}_t^2)

$$\left[\frac{1}{358} \right]$$



·，以高概率拒收该产品，一般 $\theta_1 / \theta_{MAV} = 1.25$ 。

·，以高概率接收该产品，一般 $\theta_0 / \theta_1 = D_0$ ；

按GJB299预计 $\theta_p / \theta_o = 1.25$ 。

情况下设计值为实现使用要求值的5~10倍。

一个计算EA的实例:

Combine sample test time (P.O.H) for 90% confidence
 $250,000\text{hrs} * 2.3026(90\% \text{ confidence level}) = 575,650$
 $575,650\text{hrs}/0.75(\text{duty cycle}) = 767,533\text{hrs}$

$A.F = \exp[Ea/K(1/Tu - 1/Ta)] = 10.47$ (operating temperature)
 $767,533\text{hrs}/(40 \text{ sample size} * 24 \text{ hrs a day} * 10.47$
 $* 2 = \text{acceleration power factor (on/off)}$

P

T= 250000
a= 0.9
r= 0
A= 2.302585093

767528.3643

$A = 0.5 * X^2 (1-a, 2(r+1))$

Ea为激活能 (eV),

0.658181818

根据加速

k为玻尔兹曼常数

$8.6 * 10^{-5}$

加速状态温度Ts

55

$AF = \exp\{E$

常态温度Tu

25

加速状态相对湿度RHs

0

Ea为激活能

常态相对湿度Rhu

0

k为玻尔兹

T为绝对温

下标u指常

加速因子AF

10.47483784

Example:

	Ea (eV)	N	
Transformers	0.5	1	0.5
Resistors	0.56	63	35.28
R-Pacs	0.56	3	1.68
Inductors	0.56	2	1.12
Capacitors	0.6	30	18
Linear Modules	0.7	9	6.3
Diodes	1	14	14
Transistors	1	10	10
	共计:	132	86.88

ACCELERATION FACTOR

ACTIVATION ENERGY CALCULATION

NOMINAL ACTIVATION ENERGY

COMPONENT	Ea (eV)
-----------	---------

Weighted

Transformers	0.5
Resistors	0.56
R-Pacs	0.56
Inductors	0.56
Capacitors	0.6
Linear Modules	0.7
Diodes	1
Bridge Rectifiers	1
Transistors	1
Optical Isolators	1

$E_a = \text{weig}$

$E_a (eV) =$

$N = \text{numbe}$

$T = \text{total}$

The sum o

ce level:

hrs

ure from 25oC to 55oC]

acceleration factor * 2)=38 days

'ower Factor= 2

SIZE: 40

AF= 10.47484

DAY= 38.1633

模型 (Arrhenius Model) , 得知加速因子的表达式为:

$$a/k * [(1/Tu) - (1/Ts)] + (RHu^n - RHs^n)$$

能 (eV) ,

曼常数且k=8.6*10E-5eV/K。

度、RH指相对湿度 (单位%)、

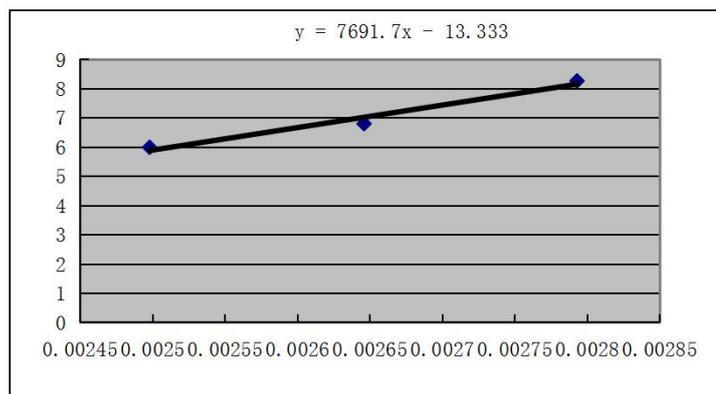
态、下标s指加速状态 (如RHu^n指常态下相对湿度的n次方) , 一般情况下n取2。

Ea (eV) x N
0.65818182

activation energy is obtained from the following:

ighted activation energy
activation energy of the component type
r of the component type in the machine
. count of all components
of all $E_a(\text{eV}) \times N$

温度值 (A)	初始IL (B)	停止时间 (C)	停止IL (D)	变化量 (D-A)
127	0.31	300	0.81	0.5
	0.46	500	0.96	0.5
	0.37	400	0.87	0.5
105	0.35	800	0.85	0.5
	0.38	800	0.9	0.52
	0.33	800	0.65	0.32
85	0.32	800	0.4	0.08
	0.41	800	0.53	0.12
	0.34	800	0.45	0.11



将Arrhenius 公式两边取自然对数得到： $\ln(\text{Life}) = (E_a/k) * (1/T)$ ；T温度下三点中的温度和寿命，按 (X, Y) 的形式， $X = 1/T$ 、 $Y = \ln(\text{life})$ ；
 (0.002646, 6.797407)、(0.002498, 5.991465)；

⑥将第⑤步中的三点在EXCEL中作图，将对应的曲线用直线拟合、交显示公：
 $(E_a/k) = 7893.0$ ，故 $E_a = 0.68\text{eV}$ ；

⑦故产品在常温25℃（对应的 $1/T = 0.003356$ ）时寿命为：（105℃时的寿命
 $(E_a/k) = 7893.0$ 时，105℃对25℃的加速倍数为272。

⑧故25℃时产品寿命为 $272 * 895.5 / 356 / 24 = 27.8$ （年）。

⑨故产品失效率为 $10E9 / (272 * 895.5) = 4103 \text{ FIT}$ 。

r拟合直线斜率 7893
 E_a 为激活能 (eV) 0.680170198
 k 为玻尔兹曼常数 $8.617385 * 10E-5$
 加速状态温度 T_s 105
 常态温度 T_u 25
 加速状态相对湿度0
 常态相对湿度 R_{hu} 0
 105℃时产品寿命 895.5217198

加速因子 271.9517879
25°C时产品寿命 27.80122521

AF

变化量均值	寿命	X=1/T	Y=Ln(life)
0.5	400	0.002498	5.991465
0.446667	895.5217	0.002646	6.797406
0.103333	3870.98	0.002793	8.261263

0.0025

0.001117

0.000258

对应的Life满足上述公式，把②③④，得到相应的三点（0.002793，8.26126）、

式得到直线的斜率为7893.0；也就是

) × (105℃对25℃的加速倍数)；当

11674.2

1.00601076

8.617385*10E-5

328

308

0

0

10. 08625476

一、基本公式:

1 热加速因子效应

2

$$A_f = \exp\left[\frac{E_a}{k} \cdot \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_t}\right)\right]$$

3 温度-湿度效应Hallberg-peck

$$A_f = \left(\frac{RH_t}{RH_u}\right)^3 \cdot \exp\left[\frac{E_a}{k} \cdot \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_t}\right)\right]$$

4 失效率估计法

$$\lambda = \frac{x^2(\alpha, d.f.)}{2 \cdot A_f \cdot t} \cdot 10^9$$

A_f =加速因子

T_u =环境温度,即常态温度

T_t =测度温度,即加速温度

RH_u =环境湿度,即常态湿度

RH_t =测试湿度,即加速湿度

α =(100-置信度)/100

d.f=deg_freedom=自由度=2n+2

$$\begin{aligned} AF &= \left(\frac{RH_t}{RH_u}\right)^3 \\ &= \left(\frac{85}{25}\right)^3 \cdot \exp\left[\frac{E_a}{k} \cdot \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_t}\right)\right] \\ &= 2319 \end{aligned}$$

二、实例:

根据下列参数, 计算出器件的失效率?

使用温度 T_u = 45 318
 试验温度 T_t = 85 358
 试验台时数 t = 38102000
 失效数 n = 1

使用湿度 RH_u =
 测试湿度 RH_t =
 E_a =
 置信水平

A_f = 2318.42204

A_f = 30.4874701

λ_{th} = 0.023 FIT

$$AF = \exp \left\{ \left(\frac{E_a}{k} \right) \left[\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_s} \right] + (RH_u - RH_s) \right\}$$

微电路电压加速因子

$$A_{fv} = \exp[\beta \cdot (V_t - V_u)]$$

·)]

$$\begin{aligned} & \cdot \exp \left[\left(\frac{E_\alpha}{R} \right) \left(\frac{1}{T_u} - \frac{1}{T_t} \right) \right] \\ & \left[\left(\frac{1}{8.63 \times 10^{-5}} \right) \cdot \left(\frac{1}{318} - \frac{1}{358} \right) \right] \end{aligned}$$

25.00%

85.00%

1

60%

