

3. Določanje zanesljivosti elektronskih komponent

Prosojnice za predavanja 4.UNI/RS

Pripravil: izr.prof.dr.Miha Mraz

Šol.letno: 2010/2011

3.1. Uvod

- Temeljni cilj: določitev intenzivnosti odpovedovanja in s tem posredno izračun zanesljivostni večjih digitaliziranih elektronskih sklopov;
- Elektronske komponente -> konstantna λ
- Ostale komponente (ventilatorji, vzmeti, konektorji)
-> linearno rastoča λ
- Vpliv (tudi večplastne) tiskanine je zanemarljiv

$$\lambda_i, i = 1, \dots, n : \lambda_{sys} = \sum_{i=1}^n \lambda_i$$

$$R_{sys}(t) = e^{-\lambda_{sys} * t}$$

$$R_{sys}(t) = R_{electrical}(t) * R_{mechanical}(t)$$

Temeljni problem: Kako pridobiti množico različnih λ_i :

- Podatke zagotovi proizvajalec/prodajalec komponente (običajno nemogoče);
- Spremljanje podatkov s terena (nezanesljivo, z zamikom, časovno potratno)
- Podatke pridobimo s pospešenim staranjem (časovno potratno, drago, potrebno znanje)
- Podatke pridobimo na osnovi predikcijskih standardov (najhitreje in ceneno)

Obstoječi velikostni razredi za posamezne elektronske komponente:

- l.1991: 1 odpoved / 10^6 delovnih ur
- l.2009: 1 odpoved / 10^9 delovnih ur (1 FIT)

3.2. Osnove postopkov pospešenega staranja in določanja življenske dobe

- Primarni cilj: pospešena degradacija procesov staranja materialov komponent
- Vrste (stresnih) staralnih testov:
 - Temperaturni,
 - Vibracijski,
 - Vlažnostni,
 - Sevalni,
 - Kombinirani.
- Nameni testov pospešenega staranja:
 - Določitev intenzivnosti odpovedovanja λ_i ,
 - Identifikacija šibkih točk dizajna
- Med testiranjem mora sistem vršiti predvideno funkcijo ob prisotnosti monitoringa (identifikacija časovnih točk odpovedi)

3.3. Modeli staranja ob spreminjajočih se ambientalnih temperaturah

- Pojem aktivacijske energije E_a : najmanjša količina energije, ki je potrebna za proženje nekega temperaturno pospešenega *mehanizma odpovedi*;
- Mehanizem odpovedi je fizikalen pojav, ki od trenutka sprožitve v določenem času privede do določenega *tipa odpovedi*;
- Mnogoterma povezanost: *mehanizem odpovedi – tip odpovedi*
- Zgledi:

Mehanizem odpovedi	- E_a (eV)
Oksidacijski defekti	- 0.3 do 0.5
Korozijski defekti	- 0.45
Elektromigracija	- 0.6
itd.	

- Načini pridobivanja E_g :
 - Od proizvajalca (večinoma nedosegljivi)
 - Odčitana iz standardov (npr. IEC 62380)
 - Izračunana (izredno kompleksno, temelji na osnovi temperaturnih meritev)
- Zgled odčitave iz standarda: IEC 62380
 - Polprevodniki v splošnem 0.3-0.4 eV
 - Diode 0.4 eV
 - IC MOS, BiCMOS 0.3 eV
 - Pasivne komponente v splošnem 0.15 – 0.4 eV

3.3.1. Arrheniusov model

- S povečanjem ambientalne temperature za 10°C se hitrost degradacijskega (kemijskega) procesa podvoji
- Namen modela: pomaga določiti pričakovano življensko dobo komponente v odvisnosti od ambientalne temperature
- Arrheniusov izraz:
- $L(T)$ karakteristična življenska doba, A skalirni faktor, E_a aktivacijska energija reakcije (za IC 0.4 – 0.7 eV), k Boltzmannova konstanta ($k=8,62 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K}$), T temperatura v Kelvinih

$$L(T) = Ae^{-\frac{E_a}{kT}}$$

- T_1 aplikacijsko okolje, T_2 “pospešeno” okolje
- $MTTF_{normal}(T_1) = F * MTTF_{pospešeni}(T_2)$
- $T_1 = 20^\circ\text{C}$, $T_2 = 70^\circ\text{C}$
- Arrheniusova groba ocena:
32
- $F(0.5 \text{ eV}) = 17,88$
- $F(0.6 \text{ eV}) = 31,84$
- $F(0.7 \text{ eV}) = 56,68$

$$F = e^{\frac{E_a}{k} * \left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2} \right)}$$

- $F(0.7 \text{ eV})=56,68$, predvideni $\text{MTTF}_{\text{normal}}(20^\circ\text{C})=1$ FIT \rightarrow približno $17 \cdot 10^6$ ur pospešenega testiranja (odločno predolgo)
- poljubno zvečevanje E_a ni možno – vezano je na vrsto izdelave
- rešitev: ob konstantni $E_a=0,7 \text{ eV}$ in zvečani zgornji meji T_2 (npr. 340°C) bi prineslo 524 ur pospešenega testiranja) – ali to povzroči netipične odpovedi?
- problemi za uporabo: $T_2=?$, $E_a=?$

3.3.2. Coffin Mansonov model

- Upraben za ciklične temperaturne teste
- f – ciklična frekvenca cikla, $\alpha = -0.33$, $\beta = 1.99$, ΔT – sprememba temperature v ciklu, A_1 in A_2 skalirna faktorja, rezultat N_f število temperaturnih ciklov do odpovedi, T_{max} pa največja dosežena temperatura

$$N_f = A_1 \frac{A_2 * e^{\frac{E_a}{KT_{max}}}}{f^\alpha \Delta T^\beta}$$

- Ugotovitve:
 - s povečevanjem maks.T se število ciklov delovanja **občutno** manjša
 - s povečevanjem frekvence oscilacij, se število ciklov delovanja **občutno** manjša in
 - s povečevanjem temperaturnega razpona, se število ciklov delovanja **drastično** zmanjša

3.3.3. Lastnosti modelov staranja

- Dobre plati:
 - Dobimo dobre napovedi življenjskih dob,
 - Modeliramo lahko različne scenarije
 - Modeliramo lahko že v fazi zasnove produkta
- Slabe plati:
 - Veliko število natančnih vhodnih podatkov ($E_a=?$)
 - Časovna (cenovna) potratnost
 - Prevelika kompleksnost z vidika obravnave sistema kot celote

3.3.4. Izvajanje testov v temperaturni komori

- hladni korak (angl. *cold step*): odkrivanje napak pri nadpovprečno nizkih temperaturah delovanja; primarni cilj je določanje spodnje temperaturne limite delovanja in določanje spodnje temperaturne meje, od katere naprej sistem ne deluje več;
- vroči korak (angl. *hot step*): odkrivanje napak pri nadpovprečno visokih temperaturah delovanja; primarni cilj je določanje zgornje temperaturne limite delovanja in določanje zgornje temperaturne meje, od katere dalje sistem ne deluje več;
- korak z ekstremno spreminjajočo se temperaturo (angl. *rapid temperature cycling*)

3.4. Standardi za določanje zanesljivosti elektronskih komponent

- MIL-HDBK 217F (1991, 1992, 1995):
 - Javno dostopen
 - Pesimističen
 - Zastarel
- IEC 62380 (ažuren)
 - Dostopen preko nakupa licence
 - Kompleksen
- Telcordia SR-332
 - Dostopnost?
- China 299B (ažuren)
 - Dostopnost???

3.5. MIL HDBK – 217 F

- “parts count prediction”:
vse komponente naj bi delale pod tipičnimi referenčnimi pogoji (v praksi to ne drži)
- “parts stress analysis prediction”:
posamezne komponente ne delujejo pod enakimi pogoji (realističen pogled)

$$\lambda_{sys} = \sum_{i=1}^n (\lambda_{REF})_i$$

$$\lambda_{sys} = \sum_{i=1}^n f_i [(\lambda_{REF})_i, \pi_S, \pi_T, \pi_E, \pi_Q, \pi_A, \dots]$$

- Zgledi posameznih funkcij za izračun:

- Mikroporocesorji
- Kondenzatorji
- Upori

$$\lambda_i = (C_1 * \pi_T + C_2 * \pi_E) * \pi_Q \pi_L$$

$$\lambda_i = (\lambda_{REF})_i (\pi_T * \pi_C * \pi_V * \pi_{SR} * \pi_Q * \pi_E)$$

$$\lambda_i = (\lambda_{REF})_i (\pi_T * \pi_P * \pi_S * \pi_Q * \pi_E)$$

- Splošne ocene:
 - MIL najpesimističnejši, IEC v sredini, Telcordia najoptimističnejša (min. intenzivnost odpovedovanja)
 - Največ vhodnih podatkov zahteva IEC, najmanj Telcordia
 - Večinoma so vse tri metodologije integrirane v zanesljivostna programska orodja

Literatura 3.poglavja

- [1] http://www.ami.ac.uk/courses/topics/0163_ettf/index.html
- [2] <http://www.halthass.co.nz/reliabilityhalt-and-hass/>
- [3] IEC TR 62380, 2004 [Ipc1] IPC (Institute of Printed Circuits), "Guidelines for Accelerated Reliability Testing of Surface Mount Solder Attachments", IPC-SM-785, Table 4, November 1992;
- [4] <http://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>
- [5] Military handbook MIL-HDBK-217F, Reliability prediction of electronic equipment, 1990, Department of Defense, USA
- [6] http://www.reliasoft.com/newsletter/v9i1/prediction_methods.htm
- [7] <http://www.siliconfareast.com/activation-energy.htm>
- [8] http://www.tdipower.com/PDF/white_paper/hass.pdf
- [9] http://www.tmworld.com/article/317633-Using_Models_to_Predict_Semiconductor_Failures.php
- [10] <http://www.weibull.com/>