

RZD 2008, uvod v »uporaba MIL-HDBK«

MIL-HDBK-217F je vojaški priročnik za določevanje intenzivnosti odpovedovanja komponent. Zadnja dostopna verzija je F in sicer iz leta 1991, kateri pa sta dodana še dva popravka in sicer leta 1992. Priročnik je bil prvotno izdelan le za potrebe vojske ZDA, sčasoma pa je postal svetovni »de-facto« standard in se uporablja tudi v civilne namene.

Priročnik podpira uporabo dveh metod določevanja intenzivnosti odpovedovanja sistemov in sicer:

- a) *part stress analysis prediction*
- b) *parts count prediction*

Za metodo *a* potrebujemo več podatkov o posamezni komponenti ter o sistemu v katerem bo delovala. Ta metoda se uporablja predvsem v končni fazi, ko je sistem že postavljen in natančno specificiran. Metoda *b* je enostavnejša ter omogoča hitro približno ocenjevanje intenzivnosti odpovedovanja sistema. Ponavadi se uporablja v začetni fazi razvoja sistema, ko še nimamo natančnih podatkov o posameznih komponentah ter večkrat potrebujemo približne ocene.

»Part stress analysis prediction«

Metoda je uporabna, ko imamo sistem že v celoti postavljen oz. že natančno vemo specifikacije vseh komponent ter poznamo okolje v katerem bo sistem deloval. Intenzivnost odpovedovanja sistema določimo tako, da seštejemo intenzivnosti odpovedovanja vseh komponent, konektorjev in tiskanih vezij.

Intenzivnost odpovedovanja λ [št. odpovedi / 10^6 ur] je odvisna od več faktorjev. Poleg osnovne intenzivnosti odpovedovanja komponente λ_b , na odpovedovanje komponente vgrajene v nek sistem vpliva še okolje v katerem bo komponenta delovala, delovna temperatura in podobno. Posamezne komponente imajo glede na njihove lastnosti lahko še druge vplivne faktorje.

Glavna vplivna faktorja, ki jih upoštevamo pri vseh komponentah

- 1) Kvaliteta komponente (*Part Quality*): Kvaliteta izdelave komponente ima neposredni vpliv na odpovedovanje komponente. Faktor kvalitete komponente označujemo z π_Q . Komponente se ponavadi grupirajo v več razredov kvalitete (glej tabelo 1). Komponente, ki niso grupirane v omenjene razrede ponavadi razvrščamo v dva razreda kvalitete in sicer »MIL-Spec« ter »Lower«. Omenjenih razredov kvalitete ne smemo mešati z izvedbami komponent kot jih lahko opazimo v priročnikih proizvajalcev in sicer *Industrial* ter *Commercial*. Slednje se ponavadi nanaša le na temperaturno območje delovanja.

Tip komponente	Oznaka razreda
Integrirana vezja	S,B,B-1,ostalo
Diskretni polprevodniki	JANTXV,JANTX,JAN
Kondenzatorji	D,C,S,R,B,P,M,L
Upori	S,R,P,M
Tuljave	S,R,P,M
Releji	R,P,M,L

Tabela 1: Razredi kvalitete za različne tipe komponent

- 2) Okolje delovanja (*Use environment*): Faktor vpliva okolja upošteva različna okolja v katerih se analizirani sistem nahaja oziroma deluje. Faktor označujemo z π_E . Bistveni vplivi okolja, ki jih ta faktor zajema so vibracije, pospeški, atmosferski tlak okolice, temperaturna nihanja, ipd. Za sisteme, ki menjajo okolje delovanja (vesoljska plovila), moramo izdelati več ocen intenzivnosti odpovedovanja, za vsako okolje svojo. Tabela 2 prikazuje tipe okolij, ki jih upošteva MIL-HDBK-217F.

Okolje	Oznaka	Primeri okolij
Zemeljsko, nadzorovano	G _B	Laboratoriji, medicinska elektronska oprema, računalniška oprema v pisarnah, ...
Zemeljsko, fiksno	G _F	Slabo nadzorovano okolje, neogrevane stavbe, ...
Zemeljsko, mobilno	G _M	Oprema, ki je montirana na vozilih ali se prenaša ročno, prenosna komunikacijska oprema, nosljivi računalniki, ...
Morsko, zaščiteno	N _S	Oprema na ladjah in podmornicah v zaščiteneh prostorih
Morsko, nezaščiteno	N _U	Oprema na ladjah in podmornicah v nezaščiteneh prostorih, izpostavljeno vodi, (sonar), ...
Zračno, obljudeno, tovarno	A _{IC}	Tovorni prostori v letalih, kjer je vpliv temperature, tresljajev in zračnega tlaka minimalen, letala kot so C130, B52, ...
Zračno, obljudeno, bojno	A _{IF}	Podobno kot A _{IC} le da na visoko zmogljivih letalih kot so F15, F16, F111, F/A 18, A10.
Zračno, neobljudeno, tovarno	A _{UC}	Tovorni prostori v letalih, kjer so ekstremna nihanja temperature, tresljajev in zračnega tlaka. Letala kot so C130, B52, ...
Zračno, neobljudeno, bojno	A _{UF}	Podobno kot A _{UC} le da na visoko zmogljivih letalih kot so F15, F16, F111, F/A18, ...
Zračno, helikopterji	A _{RW}	Oprema na helikopterjih, velja za notranjost in zunanost.
Vesoljsko, orbitiranje	S _F	Vesoljsko okolje, orbitiranje okrog zemlje. Ne velja za vstop v zemeljsko atmosfero. Plovila kot so sateliti, shuttle, ...
Izstrelki, med letom	M _F	Vodeni izstrelki, <i>cruise missiles</i> , med letom.
Izstrelki, med izstrelitvijo	M _L	Vodeni izstrelki, <i>cruise missiles</i> , v fazi izstrelitve. Velja tudi za izstrelitev space shuttle, vstop v atmosfero, torpedo, ...
Topovski izstrelki, med izstrelitvijo	C _L	Najhujše razmere, topovski izstrelki do premera 155mm, velja za izstrelitev ter let do tarče.

Tabela 2: Različni tipi okolij delovanja, kot jih podpira MIL-HDBK-217F

Model računanja intenzivnosti odpovedovanja

Model računanja intenzivnosti odpovedovanja se razlikuje glede na tip komponente, ki jo obravnavamo. V nadaljevanju je predstavljenih nekaj tipov komponent (le tisti, ki so zanimivi za našo uporabo) ter njihovi modeli računanja intenzivnosti odpovedovanja. Dodaten opis bo namenjen le tistim faktorjem, ki jih prvič omenjamo.

- Integrirana vezja (*Bipolar devices, MOS devices, digital and linear gate/logic arrays, PLA, PAL, microprocessors*) glej MIL-HDBK-217F / stran 5-3

$$\lambda_p = (C_1 \pi_T + C_2 \pi_E) \cdot \pi_Q \pi_L$$

- C_1 ... je faktor kompleksnosti vezja in je odvisen bodisi od števila logičnih vrat, bodisi od bitne širine mikroprocesorja.
- C_2 ... je faktor ohišja in je odvisen od števila pinov (nožic) ter od načina izdelave ohišja.
- π_T ... je temperaturni faktor; računa se na podlagi predvidene temperature PN spoja (glej poglavje 5.8 v MIL-HDBK-217F).
- π_L ... je faktor učenja. Npr. za elemente, ki niso dolgo v proizvodnji se predvideva večja intenzivnost odpovedovanja, kot pa za elemente, ki prihajajo iz ustaljene proizvodnje.

- Integrirana vezja (*ROM, PROM, UVEPROM, Flash, SRAM, DRAM memories*)

$$\lambda_p = (C_1 \pi_T + C_2 \pi_E + \lambda_{cyc}) \cdot \pi_Q \pi_L$$

- λ_{cyc} ... faktor bralno/pisalnih ciklov; le za EEPROM komponente; večje skupno število pisanj povečuje intenzivnost odpovedovanja.

- Integrirana vezja (*VHSIS, VLSI, CMOS z več kot 60.000 vrati*)

$$\lambda_p = \lambda_{BD} \pi_{MFG} \pi_T \pi_{CD} + \lambda_{BP} \pi_E \pi_Q \pi_{PT} + \lambda_{EOS}$$

- λ_{BD} ... osnovno odpovedovanje vezja; odvisno od vrste uporabe tehnologije (*logic and custom vs. gate array and memory*).
- π_{MFG} ... korekcijski faktor za proces izdelave.
- π_T ... temperaturni faktor; glede na temperaturo PN spoja.
- π_{CD} ... korekcijski faktor glede na kompleksnost integriranega vezja.
- λ_{BP} ... osnovno odpovedovanje ohišja glede na število pinov (nožic).
- π_{PT} ... korekcijski faktor tipa ohišja (DIP, PGA, ...).
- λ_{EOS} ... korekcijski faktor za izpostavljenost ESD (*Electrostatic Discharge*) vplivom.

- Diskretni polprevodniški elementi (*low frequency diodes*)

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_S \pi_C \pi_Q \pi_E$$

- λ_b ... osnovna intenzivnost odpovedovanja glede na tip diode.
- π_S ... električni *stress* faktor; razmerje dejanske napajalne proti maksimalni dovoljeni napajalni napetosti.
- π_C ... korekcijski faktor načina pritrditve pinov (kontaktov).

- Diskretni polprevodniški elementi (*low frequency bipolar transistor*)

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_A \pi_R \pi_S \pi_Q \pi_E$$

- π_A ... korekcijski faktor namena uporabe tranzistorja.
- π_R ... faktor delovne moči tranzistorja.

- Diskretni polprevodniški elementi (*low frequency Si FET transistor*)

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_A \pi_Q \pi_E$$

- Diskretni polprevodniški elementi (*optoelectronics, LED, ...*)

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_Q \pi_E$$

- Diskretni polprevodniški elementi (*optoelectronics, alphanumeric displays*)

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_Q \pi_E$$

- Upori (navadni, ne-močnostni)

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_P \pi_S \pi_Q \pi_E$$

- π_P ... korekcijski faktor disipacijske moči upora.

- Kondenzatorji

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_T \pi_C \pi_V \pi_{SR} \pi_Q \pi_E$$

- π_C ... korekcijski faktor kapacitivnosti kondenzatorja.
- π_V ... korekcijski faktor razmerja delovne proti nazivni napetosti.
- π_{SR} ... korekcijski faktor upornosti tokokroga.

- Kristali (*quartz*)

$$\lambda_p = \lambda_b \pi_Q \pi_E$$

- Tiskana vezja z metaliziranimi izvrtinami (ne SMD)

$$\lambda_p = \lambda_b (N_1 \pi_C + N_2 (\pi_C + 13)) \pi_Q \pi_E$$

- N1 ... število strojno spajkanih pinov.
- N2 ... število ročno spajkanih pinov.
- π_C ... faktor kompleksnosti, glede na število plasti bakra.

Obstaja še veliko tipov komponent; omenili smo le tiste, ki jih v digitalnih sistemih najpogosteje uporabljamo, oz. jih najbolj poznamo.