

Univerza v Ljubljani

FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO
Tržaška 25, Ljubljana, Slovenija



Seminarska naloga

ZANESLJIVOSTNA ANALIZA POPCORN HOUR C-200

pri predmetu

RAČUNALNIŠKA ZANESLJIVOST IN DIAGNOSTIKA

Mattia Petroni
Tine Mele
Rok Češnovar
Jure Bordon
Rok Pustoslemšek
Blaž Parkelj
Vasja Laharnar
Dejan Štimpfelj
Polona Antončič
Matija Verbič

Ljubljana, 5.6.2010

1 Kazalo

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Kazalo | 2 |
| 2 | Uvod | 4 |
| 2.1 | Tehnične specifikacije..... | 5 |
| 3 | Zanesljivost strojne opreme | 6 |
| 3.1 | Elektronske komponente predvajalnika..... | 7 |
| 3.1.1 | Napajalnik..... | 8 |
| 3.1.2 | Sprednja plošča | 9 |
| 3.1.3 | Matična plošča..... | 12 |
| 3.2 | Zanesljivostna analiza po standardu MIL-HDBK-217..... | 14 |
| 3.2.1 | Primeri računanja na roke | 16 |
| 3.3 | Analiza rezultatov | 18 |
| 4 | Programska oprema | 19 |
| 4.1 | Seznam programske opreme | 19 |
| 4.2 | Način dela | 21 |
| 4.3 | Metrike | 22 |
| 4.3.1 | Ciklometrična kompleksnost - v(G) | 22 |
| 4.3.2 | Halsteadova metrike | 23 |
| 4.3.3 | MI - indeks možnosti vzdrževanja | 24 |
| 4.4 | Orodje za testiranje | 25 |
| 4.5 | Rezultati..... | 26 |
| 4.5.1 | Linux jedro 2.6.22.19..... | 27 |
| 4.5.2 | Komentar rezultatov za jedro..... | 29 |
| 4.5.3 | aMule..... | 30 |
| 4.5.4 | miniTube..... | 32 |
| 4.5.5 | openssl..... | 34 |
| 4.5.6 | libpng..... | 36 |
| 4.5.7 | giflib | 37 |
| 4.5.8 | Komentar rezultatov za analizirane programe/knjižnice razen jedra | 38 |
| 4.6 | Zaključek..... | 40 |
| 5 | Markovska analiza | 41 |
| 5.1 | Orodje..... | 43 |
| 5.2 | Markovska analiza Popcorn Hour C-200 | 44 |

| | | |
|---------|---|----|
| 5.2.1 | Uporabniška interakcija..... | 44 |
| 5.2.2 | Povezava..... | 45 |
| 5.2.3 | Video priključki | 46 |
| 5.3 | Rezultati..... | 47 |
| 5.4 | Diskusija..... | 50 |
| 6 | FTA..... | 51 |
| 6.1.1 | Koraki izvedbe FTA | 52 |
| 6.1.2 | Klasifikacija vzrokov odpovedi..... | 52 |
| 6.2 | Možni načini odpovedi in opredelitev njihovih vzrokov | 53 |
| 6.2.1 | Osnovno drevo | 53 |
| 6.2.2 | Prekinjena oskrba z električno energijo | 53 |
| 6.2.3 | Prekinjena uporabnikova interakcija..... | 54 |
| 6.2.3.1 | Okvara daljinca | 55 |
| 6.2.3.2 | Okvara tipk na napravi..... | 55 |
| 6.2.3.3 | Okvara LCD zaslona | 56 |
| 6.2.4 | Odpoved notranje komponente..... | 56 |
| 6.2.4.1 | Procesor..... | 56 |
| 6.2.4.2 | Pomnilnik..... | 57 |
| 6.2.4.3 | Matična plošča..... | 57 |
| 6.2.4.4 | Audio in video krmilniki ter priključki | 57 |
| 6.2.4.5 | V/I naprave in priključki..... | 58 |
| 6.2.5 | Odpoved programske opreme | 59 |
| 6.3 | Zaključek..... | 61 |
| 7 | FMEA | 62 |
| 7.1 | Potek FMEA analize | 63 |
| 7.1.1 | Resnost okvare (Severity - S) | 63 |
| 7.1.2 | Pogostost okvare (Occurence - O)..... | 63 |
| 7.1.3 | Težavnost odkritja okvare (Detection - D)..... | 64 |
| 7.2 | Priprava analize | 66 |
| 7.2.1 | Komponentna analiza..... | 66 |
| 7.2.2 | Funkcijska analiza | 67 |
| 7.3 | FMEA analize naprave Popcorn Hour – C200..... | 68 |
| 7.4 | Ugotovitve FMEA analize..... | 81 |
| 8 | Viri | 83 |

2 Uvod

Predvajalnik digitalnih medijev, Popcorn Hour C-200 je najmočnejši in vsestranski član družine Networked Media Tank. Ideja naprave je, da lahko vse oblike multimedijskih datotek, ki jih lahko predvajamo na PC-ju, predvajamo tudi na televiziji. Od kar so DVD filmi, internetni videi postali zelo popularni, smo poizkušali vse to shraniti na disk in nato predvajati na TV. Tukaj nam pride v poštev Popcorn Hour.

Popcorn hour je najnaprednejša naprava te vrste. Podpira celo vrsto standardov in formatov filmov. Predvajamo lahko:

- najnovejše high-def DVD in Blu-Ray filme
- Windows Media, Xvid, H.264 in QuickTime Internet posnetke
- Vse vrste digitalnih fotografij
- MP3 in druge vrste posnetkov glasbe

Naprava se lahko poveže s Popcorn Hour Media Service Portal, ki nam omogoča dostop in ogled posnetkov iz:

- Video iz Blip.tv, podcasts in novice iz MediaFly, ABC, NBC in BBC
- Slike iz Picasa, Flickr in PhotoBucket
- Glasbo iz različnih internetnih radiov in glasbenih virov

Vgrajeno ima tudi možnost prenašanja vseh vrst digitalnih vsebin, ki so dostopne na internetu. Napravo je možno nadgraditi z diskom, kar nam omogoča, da si filme in druge posnetke arhiviramo. Ponuja tudi brezžični adapter, s katerim se lahko enostavno priključimo na oddaljeni PC ali domače omrežje.



Slika 2.1-1 Naprava Popcorn Hour C-200

2.1 Tehnične specifikacije

Chipset

Sigma Designs SMP8643, 667 MHz CPU koprocesor s plavajočo vejico.

Pomnilnik

512MB DDR2 DRAM, 256MB NAND Flash

Audio / Video Izhodi

HDMI v1.3a s CEC, 36bpp globoko ločljivostjo, 12-bitno xvYCC obdelavo in HDCP 1,2 zaščito vsebine

Component Video

S-Video

Composite Video

Stereo Analog Audio

S / PDIF Optični in koaksialni digitalni avdio

Drugi vmesniki

LCD zaslon z resolucijo 192x64 pik s programsko nastavljivo svetlostjo

Gumb za vklop/izklop, stanje pripravljenosti in reset

2x USB 2.0 spredaj

2x USB 2.0 zadaj

1 x USB 2.0 notranji

2x SATA (enega zaseda HDD)

3.5 "HDD tray

Notranja montaža za 2,5 "HDD

2.4GHz RF Daljinec

Infra-Red Daljinec (opcija)

Omrežje

Ethernet 10/100/1000

miniPCI MII vmesnik za 11N WiFi kartico (opcija)

Moč

100 ~ 240V AC, 50 ~ 60 Hz, max 2.5A

tipično: 13 W (brez dodatnih nameščenih naprav)

največ: 70 W

3 Zanesljivost strojne opreme

V tem poglavju bo predstavljena zanesljivostna analiza strojne opreme predvajalnika PopcornHour C-200.

Zanesljivostno analizo sva izvedla po standardu MIL-HDBK-217, ki ga pri analizi svojih izdelkov uporablja veliko komercialnih proizvajalcev ter tudi vojska. Pri delu nama je bil v veliko pomoč program Relex Reliability Studio, ki je po vnosu potrebnih podatkov, poskrbel za sam izračun zanesljivosti.

MIL (United States Military Standard ali samo Military Standard) je bil objavljen s strani ameriškega ministrstva za obrambo, z namenom uvajanja standardizacije. Standardizacija je koristna pri doseganju interoperabilnosti, ki zagotavlja, da proizvodi izpolnjujejo določene zahteve. V začetku je bil MIL-HDBK-217 namenjen le za potrebe ameriške vojske, ampak sčasoma je postal „de-facto“ standard, ki se je začel uporabljati tudi za zanesljivostno analizo komercialnih izdelkov. Akronim MIL-HDBK (Defense Handbook) zajema priročnik z modeli računanja intenzivnosti odpovedovanja za elektronske komponente, ki so sestavni del elektronskih vezij (npr. integrirana vezja, diode, kondenzatorji, upori, tranzistorji, itd.). Modeli računanja v priročniku temeljijo na kvalitetnih podatkih iz terena, ki so bili analizirani in uporabljeni pri zasnovi modelov računanja intenzivnosti odpovedovanja, ki so definirani v standardu. Slaba stran MIL-HDBK-217 je, da je že relativno zastarel, saj je zadnja verzija standarda (verzija F) izšla leta 1991, kateri pa sta bila dodana še dva popravka leta 1992.

Zanesljivostne analize strojne opreme predvajalnika sva se lotila tako, da sva predvajalnik povsem razdrla ter evidentirala vse elektronske elemente, ki ga sestavljajo. Izkazalo se je, da je teh elementov kar precej (okoli 720) ter da so zelo raznovrstni. Za elemente, za katere nisva bila popolnoma prepričana kaj so in kakšne so njihove karakteristike, sva se po pomoč obrnila na prijatelja Gregorja Pečarja, ki je elektronik in zelo dobro pozna tovrstna vezja. Njemu gre velika zahvala, saj je s svojim obširnimi znanjem iz tega področja zelo pripomogel k natančnosti popisa elementov na vezjih. Ko sva imela spisek elementov ter njihove specifikacije, sva podatke vnesla v program Relex Reliability Studio, ki je poskrbel za izračun zanesljivosti po MIL-HDBK-217.

3.1 Elektronske komponente predvajalnika

PopcornHour C-200 je predviden za uporabo v domačem multimedijem sistemu, zato so tudi dimenzije ohišja reda Hi-Fi komponent, ki smo jih vajeni videti v dražjih sistemih za hišni kino. V osnovi predvajalnik nima trdega diska ali optične enote, so pa snovalci predvajalnika upoštevali možnost dodajanja teh dveh enot v ohišje, tako da ju uporabnik lahko dodatno vgradi.

Ko odpremo ohišje, lahko vidimo, da je predvajalnik sestavljen iz treh večjih sklopov: napajalnika, sprednje plošče ter matične plošče. Ti sklopi so podrobneje razloženi v naslednjih poglavjih. Vežja po večini sestavljajo le SMD komponente, malce poseben je napajalnik, ki ga sestavljajo tako klasični kot SMD elementi.

Na sliki 3.1-1 so lepo vidni trije glavni sklopi vezij. Na sredini je matična plošča, na desni strani napajalnik, spredaj je skrita sprednja plošča, na levi strani pa je pripravljena kletka, ki sprejme eno optično enoto ter en trdi disk. Proizvajalec je dodajanje trdega diska ter optične enote že predvidel ter temu primerno poskrbel za podatkovne in napajalne kable.



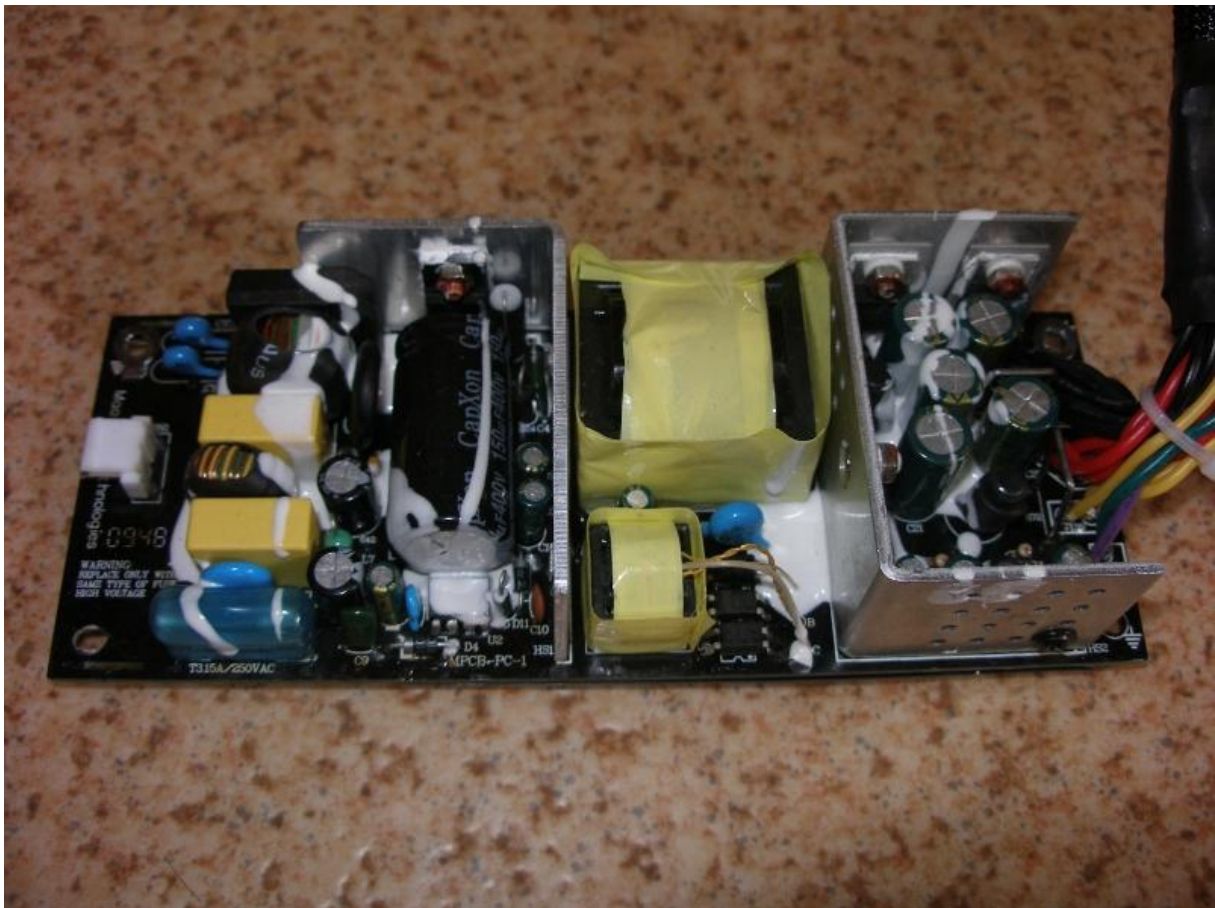
Slika 3.1-1 Zgornji pogled na predvajalnik z odprtim pokrovom

3.1.1 Napajalnik

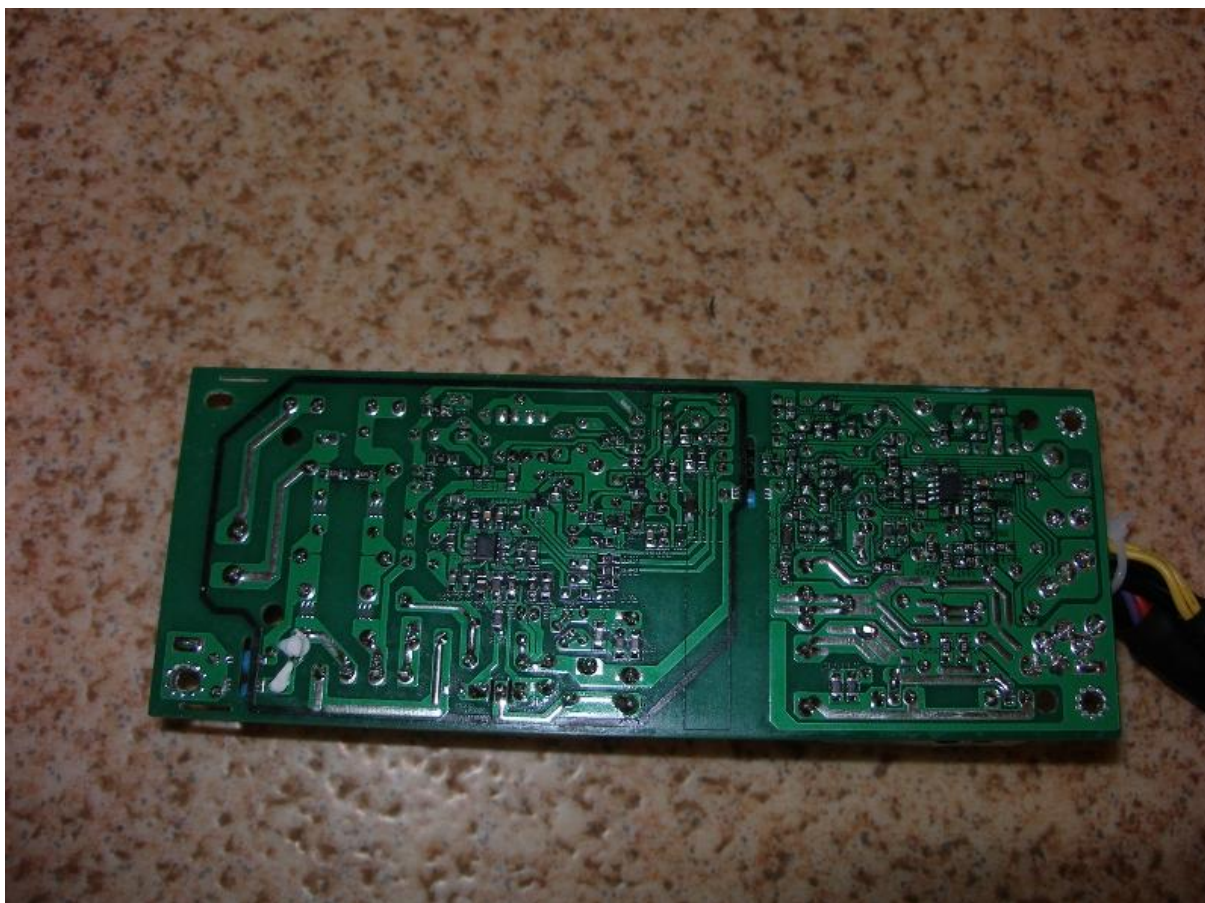
Napajalnik skrbi za pretvorbo omrežne 220 V izmenične napetosti v enosmerne napetosti, ki jih za delovanje potrebujejo elementi na ostalih dveh sklopih, ima pa tudi izhod za priklop zunanje optične enote ter trdega diska. Na matično ploščo se priključi preko ATX konektorja, na optično enoto ter trdi disk pa preko standardnega napajalnega konektorja, ki ga premorejo vse SATA naprave.

Napajalnik je realiziran kot samostojno vezje, ki je z vseh strani zaprto v lično plastično ohišje. Zgoraj in ob straneh je zaščiten s plastičnim pokrovom, spodaj pa z zaščitno plastiko. Vezje napajalnika je v večji meri realizirano s klasičnimi komponentami, na spodnji strani vezja, pa lahko najdemo tudi nekaj SMD komponent.

Na slikah 3.1-2 in 3.1-3 je lepo vidna zgornja stran napajalnika brez zaščitnega pokrova ter spodnja stran brez zaščitne plastike.



Slika 3.1-2 Zgornja stran napajalnika brez pokrova



Slika 3.1-3 Spodnja stran napajalnika brez zaščitne plastike

Komponente vezja napajalnika je načeloma lahko razbrati, ampak v konkretnem primeru sva imela kar nekaj težav z identifikacijo vseh elementov. Prva težava je bila, da je proizvajalec dele vezja pretil s posebno umetno maso, ki služi kot dodatna izolacija in za boljše fiksiranje (predvsem večjih) elementov na tiskanino. Ta umetna masa je prekrila oznake dela elementov, tako da za tiste ni bilo mogoče določiti točnih oznak. Nekateri elementi so bili nameščeni zelo blizu skupaj, tako da oznake le teh niso bile popolnoma berljive. Nekateri elektronski elementi so bili narejeni bolj amatersko, tako da so bili v improviziranih ohišjih, ki so bili povsem brez oznak. Primer tega so dušilke, oba transformatorja ter par uporov, ki je bilo realiziranih kar z uporovno žico. Karakteristike elementov brez oznak ali elementov kjer oznake niso bile dobro vidne, sva dobila z merjenjem potrebnih vrednosti s pomočjo merilnih instrumentov.

3.1.2 Sprednja plošča

Sprednja plošča je v ohišju privijačena takoj za sprednjo stranico predvajalnika. Na vezju najdemo gumbe za navigacijo po menijih ter LCD zaslon, tako da je to vezje namenjeno prikazovanju informacij na LCD zaslonu in za navigacijo po menijih preko tipk na sprednji strani predvajalnika.

Vezje je sestavljeno iz dveh delov, ki sta med sabo v „sendvič“ spojena preko 21-pinske letve. Na spodnji tiskanini najdemo gumbe, konektorje za povezavo na matično ploščo ter nekaj integriranih vezij. Na zgornji tiskanini pa najdemo logiko za prikazovanje na LCD zaslonu ter sam LCD zaslon. Na žalost je elektronika, s katero je realizirana logika za prikazovanje informacij na LCD zaslonu, na zadnji strani zgornje tiskanine, ki je obrnjena proti spodnji tiskanini, kar pomeni, da je nemogoče razločiti

katere komponente so uporabljene. Med obema tiskaninama je namreč le okoli 5 milimetrov razmaka. Sprednjo ploščo sestavljajo SMD komponente, pri katerih ni bilo večjih težav pri popisu elementov ter njihovih vrednosti. Težave sva imela le pri SMD tuljavah in SMD kondenzatorjih, ki nimajo oznak za vrednosti, ter pri dveh integriranih vezjih, ki tudi nista imela nobenih oznak.

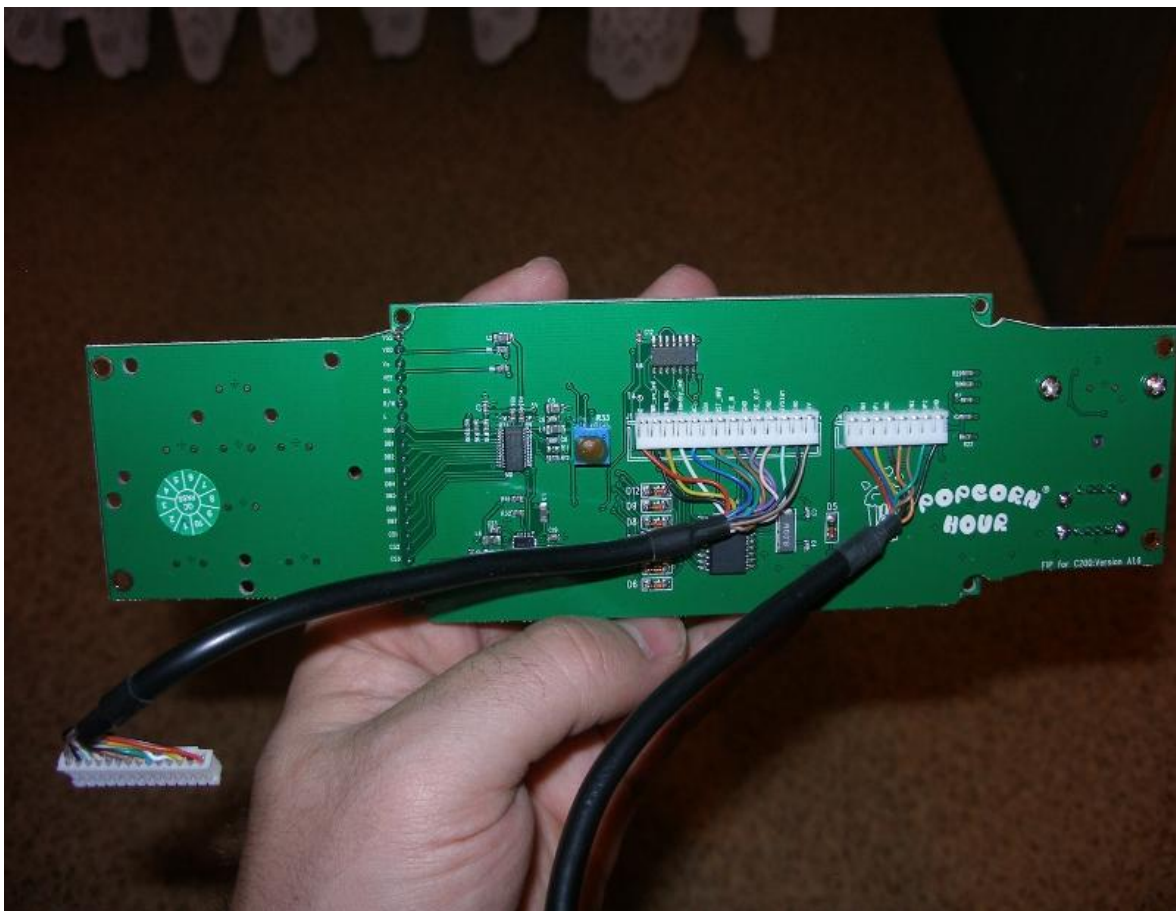
Celotna sprednja plošča je na matično ploščo povezana preko 8 ter 14 žilnega kabla. Na vezju poleg stikal ter LCD zaslona najdemo tudi dva USB vhoda. Sprednja plošča je lepo vidna na slikah 3.1-4, 3.1-5 in 3.1-6.



Slika 3.1-4 Sprednji del sprednje plošče



Slika 3.1-5 Stranski pogled na sprednjo ploščo – tukaj je lepo vidna „sendvič“ vezava zgornjega in spodnjega dela vezja



Slika 3.1-6 Zadnji del sprednje plošče

3.1.3 Matična plošča

Matična plošča je komponenta, na kateri se nahajajo vsi ključni elementi sistema (procesor, delovni pomnilnik, flash pomnilnik, avdio/video konektorji, ...) in na katero so priključena napajalnik ter sprednja plošča ter opcijsko tudi optična enota ter trdi disk. Podobno kot sprednja plošča, je tudi matična plošča sestavljena pretežno iz SMD komponent. Na sredini vezja najdemo relativno majhen pasivni hladilnik pod katerim počiva procesor podjetja Sigma Designs.

Na slikah 3.1-7 in 3.1-8 sta lepo vidni zgornja stran matične plošče brez hladilnega telesa ter spodnja stran.



Slika 3.1-7 Zgornji del matične plošče



Slika 3.1-8 Spodnji del matične plošče

Matična plošča je bila najbolj zahteven segment, kar se tiče popisa elektronskih elementov. Vezje sestavlja preko 470 elementov, ki so večinoma vsi narejeni v tehnologiji SMD. Veliko število elementov predstavljajo SMD upori ter kondenzatorji, ki so tako majhni, da na njih ni prostora za zapis vrednosti elementa. Veliko takih elementov je na spodnji strani vezja, predvsem na površini, ki je pod glavnim procesorjem. Poleg tega je na plošči precej različnih integriranih vezij, ki imajo pomanjkljive oznake in posledično za njih nisva uspela najti ustrezne dokumentacije.

3.2 Zanesljivostna analiza po standardu MIL-HDBK-217

MIL-HDBK-217 podpira uporabo dveh metod določevanja intenzivnosti odpovedovanja vezij in sicer *part stress analysis prediction* ter *parts count prediction*. Prva metoda zahteva veliko podatkov o posameznih komponentah, zato se običajno uporablja v končni fazi, ko je vezje že narejeno, druga metoda pa je enostavnejša in posledično hitrejša za izvedbo, zato se običajno uporablja pri začetni fazi razvoja nekega vezja. Pri zanesljivostni analizi predvajalnika sva uporabila *part stress analysis prediction*.

Intenzivnosti odpovedovanja vezja po standardu MIL-HDBK-217 se določi tako, da se najprej določijo intenzivnosti odpovedovanja posamičnih komponent, konektorjev ter tiskanih vezij. Te intenzivnosti odpovedovanja se seštejejo in rezultat je intenzivnost odpovedovanja celotnega vezja λ , ki se meri v številu odpovedi/ 10^6 ur.

Izračun intenzivnosti odpovedovanja posamične komponente se dela po modelu računanja, ki je za vsak tip elementa drugačen, so pa enačbe posameznega modela računanja definirane v priročniku. MIL-HDBK-217 poleg osnovne (bazne) intenzivnosti odpovedovanja komponente λ_B v izračunu zanesljivosti upošteva tudi t.i. vplivne faktorje. Primer vplivnih faktorjev je okolje v katerem bo neka komponenta delovala, delovna temperatura, delovna moč in podobno. Vplivni faktorji so navadno različni za posamezno vrsto komponente, obstajata pa faktorja, ki ju upoštevamo pri vseh komponentah. To sta kvaliteta komponente λ_Q ter okolje delovanja λ_E . Vplivni faktor kvalitete komponente določa dejansko kvaliteto izdelave, ki ima neposreden vpliv na njeno zanesljivost. Posamične komponente se navadno grupirajo v več razredov kvalitete, tiste ki jih ne moremo razvrstiti v običajne razrede se običajno razvrstijo v razreda Mil-Spec ter Lower. Vplivni faktor okolje delovanja upošteva različna okolja v katerih analizirano vezje deluje. Bistveni vplivi, ki jih ta faktor predvideva, so vibracije, pospeški, atmosferski tlak okolice, temperaturna nihanja in podobno. MIL-HDBK-217 pozna 14 okoljskih klasifikacij (3 za kopno, 8 za zrak, 1 za vesolje in 2 za vodo).

Izračunana intenzivnosti odpovedovanja predvajalnika je 141,870802 odpovedi/ 10^6 ur. Od tega prispeva napajalnik 4,870044, sprednja plošča 2,748569 ter matična plošča 134,252189 odpovedi/ 10^6 ur. To pomeni, da je MTBF za celoten predvajalnik 7.049 (9.6 mesecev), za sprednjo ploščo 363.826 (41.5 let), napajalnik 205.337 (23.4 let) ter za matično ploščo 7.449 (10.2 meseca). Ker je v predvajalniku veliko elementov, ki v večini primerov zelo malo vplivajo na končen rezultat, so v nadaljevanju predstavljeni le elementi, ki največ prispevajo k odpovedi sistema.

| Komponenta | Število | λ (na enoto) |
|-------------------------------|---------|----------------------|
| Glavni procesor | 1 | 66,143311 |
| Regulator pozitivne napetosti | 2 | 17,729755 |
| Linearni regulator | 1 | 17,729755 |

| | | |
|---|---|----------|
| Mosfet | 1 | 1,978221 |
| Audio out, comp. video, CVBS izhodi, COAX | 7 | 0,537141 |
| IC (18 pin) | 1 | 0,243107 |
| IC (14 pin) | 1 | 0,243107 |
| Ženski USB konektor (4 pin) | 3 | 0,219631 |
| SMD Stikala (za gumbe) | 8 | 0,200783 |
| RAM pomnilnik (64 MB) | 4 | 0,17529 |
| Transformator | 1 | 0,168935 |
| Kondenzator (100nF) | 1 | 0,1463 |
| Kondenzator (100nF) | 2 | 0,1463 |
| Čip za mrežo 10/1001000 | 1 | 0,145497 |

Tabela 3.2-1 Intenzivnost odpovedovanja in število komponent

Iz tabele 3.2-1 je lepo razvidno, da velik delež k intenzivnosti odpovedovanja prispeva glavni procesor, sledita pa mu regulatorja napetosti. Iz spiska izstopa še veliko število kondenzatorjev, kar pa je povsem pričakovano, saj so kondenzatorji znani po tem, da so med ranljivejšimi komponentami.

Pri izvedbi zanesljivostne analize po standardu MIL-HDBK-217 sva naletela na kar nekaj težav, ki so bile v večini primerov povezane s starostjo standarda ter z pomanjkanjem dokumentacije proizvajalcev elektronskih komponent. Zaradi starosti standarda določene komponente sploh niso zajete v priročniku. Največ težav sva imela pri integriranih vezjih, SMD komponentah ter LCD zaslonu, saj MIL sploh ne predvideva uporabo SMD komponent ter LCD zaslona. Če pa bi že hoteli vnesti približno oceno intenzivnosti odpovedovanja LCD zaslona, je zelo težko najti podatke pri proizvajalcih ali nasploh dobiti kje kako oceno. Pri naši napravi gre za monokromatski LCD zaslon, za katere so podatki še bolj nedosegljivi. »Backlight« zaslona je sicer iz LED diod, ki naj bi imele zanesljivost okoli 20 let. Pri večini podatkov na internetu gre za barvne LCD zaslone, ki pa naj bi imeli MTTF okoli 8 let. Tehnologija izdelave integriranih vezij je od časa nastanka priročnika zelo napredovala, tako da določenih integriranih vezij sploh ni možno umestiti standard. To sva rešila tako, da sva uporabila najbližje približke integriranih vezij, ki so v standardu definirani. Za nekatere elemente sploh nisva našla dokumentacije, za določene elemente pa je bila le ta pomanjkljiva. V takem primeru sva na podlagi podobnih elementov, za katere sva našla dokumentacijo, ocenila karakteristike, ki so bile potrebne za analizo, ter te elemente tudi vključila v analizo. Pri SMD kondenzatorjih ter SMD tuljavah sva tudi naredila izjemo ter jih obravnavala kot klasične keramične kondenzatorje in klasične tuljave.

V nasprotnem primeru bi bila intenzivnosti odpovedovanja za slabo polovico elementov enaka 0, saj priročnik ne upošteva SMD komponent. Izjeme nisva mogla narediti za LCD zaslon ter SMD upore, tako da imajo le ti v analizi intenzivnosti odpovedovanja enako 0.

3.2.1 Primera računanja na roke

Pa poskušajmo izračunati intenzivnost odpovedovanja glavnega procesorja še na roke. Glavni procesor SMP8643AD-CBE3 podjetja Sigma Designs spada v področje integriranih vezij. Če odpremo MIL priročnik (MIL-HDBK-217f), vidimo, da gre za poglavje 5.1, kjer je beseda namenjena mikroprocesorjem. Osnovna enačba za te vrste vezij se glasi:

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

C_1 je odvisen od števila bitov procesorja. Naš procesor je 64-bitni, vendar MIL upošteva do največ 32-bitne procesorje. Zato tukaj upoštevamo 32-bitni procesor, pri čemer nam C_1 za MOS tehnologijo znaša 0.56. π_T se računa po bolj ko ne zakomplicirani formuli, ki pa je v veliki večini odvisna od T_j . Pri tem je važno vedeti, da enačba narašča eksponentno, tako da se že pri majhni spremembi T_j opazi razliko. Če za T_j vzamemo 175° in za E_a 0.35, nam π_T znaša 9.6. C_2 je odvisna od števila pinov procesorja. V našem primeru na žalost ne vemo natančno koliko pinov ima procesor, saj zanj ni na voljo tehnične specifikacije in pinov ne moremo prešteti, ker je čip v ohišju pritrjen na matični plošči. Vendar glede na to, da je čip 64-biten in opravlja zelo veliko funkcij, bi lahko rekli da je na njem 12×12 t.j. 144 pinov. Če torej privzamemo 144 pinov in hermetic DIP tip čipa, potem C_2 znaša 0.06. Sledi spremenljivka π_E , ki predstavlja faktor okolice. Naše okolje je označeno z oznako G_B , kar predstavlja zemeljsko kontrolirano okolje. π_E v tem primeru znaša 0.5. π_Q je faktor kvalitete, ki za komercialno proizvedene komponente znaša 10.0. π_L je faktor, ki se spreminja glede na čas od kar je bil čip v proizvodnji. Pri našem procesorju smo predpostavili, da je bil čip v proizvodnji več ali enako 2 leti. V tem primeru π_L znaša po vrednosti 1.0. Sedaj imamo vse spremenljivke poračunane in lahko izračunamo λ_p . Sledi torej $(0.56 \times 9.6 \times 0.06 \times 0.5) \times 10 \times 1$, kar nam da rezultat 54,06.

Izračunajmo na roke še intenzivnost odpovedovanja za primer kondenzatorja. V MIL-u je njim namenjeno poglavje 10. V našem primeru gre za keramični kondenzator (CV), torej bomo pogledali v sekcijo 10.16. Osnovna enačba iz novejšje izdaje MIL-a se glasi:

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

λ_b iz tabele za naš kondenzator (tip CV) znaša 0.0079. π_T , π_C sta 1 in π_V je 5. π_{SR} iz tabele tudi znaša 1. π_T je odvisen od temperature okolice in efektivne energije. Če za temperaturo okolice vzamemo 30°C in za E_a vzamemo 0.35, potem po novem π_T znaša 1.3. π_C je odvisen od kapacitete kondenzatorja. Naš kondenzator nosi kapacitivnost v vrednosti 100nF, torej iz tabele sledi, da je π_C 0.59. π_V je odvisen od S , ki je razmerje med operativno in izmerjeno napetostjo. Če za S vzamemo 0.48, potem π_V znaša 1.512. Za natančen izračun π_{SR} imamo na žalost premalo podatkov, saj nimamo tehnične specifikacije, tako da bomo tukaj privzeli, da π_{SR} znaša 1.0. π_Q in π_E , kot že prej povedano, znašata 10.0 in 1.0. Na koncu lahko zapišemo $\lambda_p = 0.0079 \times 1.3 \times 0.59 \times 1.512 \times 1.0 \times 10.0 \times 1.0$, kar nam da rezultat 0,0916.

Kot je opaziti, se ročni izračuni in kalkulacije programa Relex rahlo razlikujejo. Do razlik pride zaradi različne predpostavke efektivne aktivacijske energije in zaradi večjega števila predpostavk, ki jih Relex

jemlje v izračun. Te predpostavke so razni parametri za različne vplive temperatur, močnostni parametri itd. Poleg tega gre omeniti, da smo pri kalkulacijah v programu Relex nekatere nastavitve pustili prazne, kar v večini primerov povzroči to, da program vzame »worst case« varianto.

3.3 Analiza rezultatov

Največja težava, ki sva jo imela pri zanesljivostni analizi strojne opreme predvajalnika, je bila pomanjkljiva dokumentacija za elektronske elemente, ki sestavljajo predvajalnik. Večino elementov je bilo moč prepoznati ter za njih pridobiti potrebne karakteristike, kljub temu pa je bilo veliko elementov, kjer sva morala sprejemati kompromise pri analizi, saj podatki, ki so bili potrebni za zanesljivostno analizo preprosto niso bili na voljo. Karakteristike nekaterih elementov sva tudi izmerila, ampak ker je bil med merjenjem element še vedno pritrjen na vezje, so rezultati meritev nezanesljivi.

Pri rezultatih naju je predvsem presenetil majhen doprinos sprednje plošče ter napajalnika h končni intenzivnosti odpovedovanja. Pri sprednji plošči bi pričakovali, da imajo velik vpliv na odpoved predvajalnika stikala za navigacijo po menijih ter USB konektor, saj so stalno izpostavljeni fizičnim manipulacijam, prahu, maščobi, svetlobi itd., kar vse vpliva na izračun odpovedi. Po drugi strani so pa gumbi in stikala že v osnovi zasnovana z mislijo na nešteto število pritiskov nanje in z idejo o materialih, ki so vzdržljivi, neobčutljivi na prah itd. In četudi se sam gumb polomi ali odpade, se še vedno lahko zamenja samo ta vrhni plastični del. Pri napajalniku pa bi pričakoval večji vpliv kondenzatorjev, saj so bili nekateri uporabljeni elementi produkt proizvajalcev, ki so znani po slabši kvaliteti izdelanih elementov. Kar pa spet ne pomeni, da načrtovalci niso predvideli, da če odpove napajalnik, da odpove celoten sistem. Poleg tega so nekateri od teh kondenzatorjev tudi v novejši SMD različici, ki je veliko bolj zanesljivejša od predhodnikov. Malce preseneti tudi visoka intenzivnost odpovedovanja glavnega procesorja, saj običajno to ni komponenta, ki največkrat odpove, vendar rezultati kažejo drugače.

Potrebno je tudi omeniti, da procesor nima posebnega hlajenja in ker gre za čip, ki opravlja veliko število zahtevnih računskih operacij na daljši čas, je velika verjetnost pregrevanja. To pa seveda poveča intenzivnost odpovedovanja. Intenzivnost odpovedovanja linearnih regulatorjev je odvisna od števila tranzistorjev in pinov, ki so vsi izpostavljeni toplotnim spremembam. Kot že povedano je za notranjost PopcornHour naprave bolj malo poskrbljeno glede ohlajevanja oz. ohranjanja temperature na neki konstantni ravni, tako da so vsi tranzistorji in pini izpostavljeni toplotnim spremembam, kar pripomore, da so te komponente visoko na lestvici elementov z največjo intenziteto odpovedovanja.

4 Programska oprema

Programsko opremo PopcornHour C-200 sestavljajo jedro operacijskega sistema Linux, orodja za delo z jedrom, datotečnim sistemom in omrežjem, knjižnice ter programi s katerimi neposredno komunicira uporabnik (uporabniški programi).

4.1 Seznam programske opreme

Proizvajalec sicer ponuja seznam programske opreme, vendar ta ponuja le skope podatke o programih do katerih lahko uporabnik dostopa preko grafičnega vmesnika, podatke o ostalih programih sva pridobila preko spletnih strani in forumov, ki se ukvarjajo z t.i. Networked Media Tank napravami, torej napravami kakršna je tudi PopcornHour. O nekaterih delih programske opreme, tu gre predvsem za grafični vmesnik, pa podatkov ni možno pridobiti ni ti pri proizvajalcu niti drugje.

- **aMule**

Program za izmenjavo datotek preko eDonkey in KAD omrežij (nadomestek popularnega eMule)

- **Bash**

Ukazna lupina za jedro

- **CTorrent**

Program za izmenjavo datotek preko protokola BitTorrent

- **BusyBox**

Program, ki združuje nekaj orodij, ki spadajo v t.i. GNU Core orodja, to so orodja cat, ls, rm, mv, ... Namen programa je nadomestiti ta orodja na vgrajenih (embedded) sistemih. Orodja, ki sestavljajo ta paket ni možno izvajati kot samostojna, podamo jih kot argument programa BusyBox (namesto /bin/ls -> /bin/busybox ls).

- **dmalloc**

C knjižnica za razhroščevanje dinamičnega pomnilnika. Nadomešča standardno knjižnico malloc. Uporablja se za odkrivanje uporabe neveljavnih naslovov, uhajanja pomnilnika (memory leak) in ostalih napak, ki jih lahko povzroča dinamični pomnilnik.

- **e2fsprogs**

Skupek orodij za upravljanje z datotečnimi sistemi ext2, ext3 in ext4.

- **expat**

Knjižnica za razčlenjevanje XML datotek

- **FreeType2**

Knjižnica za rasterizacijo pisav

- **giflib**

Knjižnica za podporo procesiranja slik v formatu GIF

- **genext2**

Generator datotečnega sistema ext2 - tega namreč uporablja naša naprava

- **hotplug2**

Knjižnica za podporo priklopa naprav na prižgan sistem

- **Linux jedro**

različica 2.6.22.19, izdana feb. 2008

- **ngrab**

Program za snemanje video in avdio posnetkov na računalnik preko omrežja

- **miniTube**

Program za predvajanje vsebin iz spletne strani YouTube

- **jpg**

Knjižnica za podporo procesiranja slik v formatu JPG oz. JPEG

- **openssl**

Knjižnica za podporo SSL in TLS protokolov za mrežno komunikacijo

- **libpng**

Knjižnica za podporo procesiranja slik v formatu PNG

- **Poppler**

Knjižnica za delo z datotekami v formatu PDF

- **Samba**

Program, ki omogoča izmenjavo datotek med Windows in Unix sistemi

- **sed**

Program za obdelavo tekstovnih datotek

- **uShare odjemalec**

Program, ki sprejema podatke iz uShare strežnika, ki je lahko nameščen na kateri koli drugi napravi v omrežju. Uporablja se predvsem za sprejemanje avdio in video posnetkov

- **zlib**

Knjižnica za delo z stisnjenimi(kompresiranimi) podatki

Velja omeniti da ta seznam velja za osnovni paket programske opreme, brez nadgradenj. Iz celotnega seznama programske opreme sva nato črtala programsko opremo za katero ni na voljo izvorna koda, ter programe, ki so enostavni in imajo zanemarljivo malo izvorne kode v celotnem obsegu izvorne kode naprave. Iz tako skrčenega seznama sva nato vzela najbolj tipične predstavnike, jedro, 2 uporabniška programa in 3 knjižnice(2 za multimedijo in 1 za omrežje):

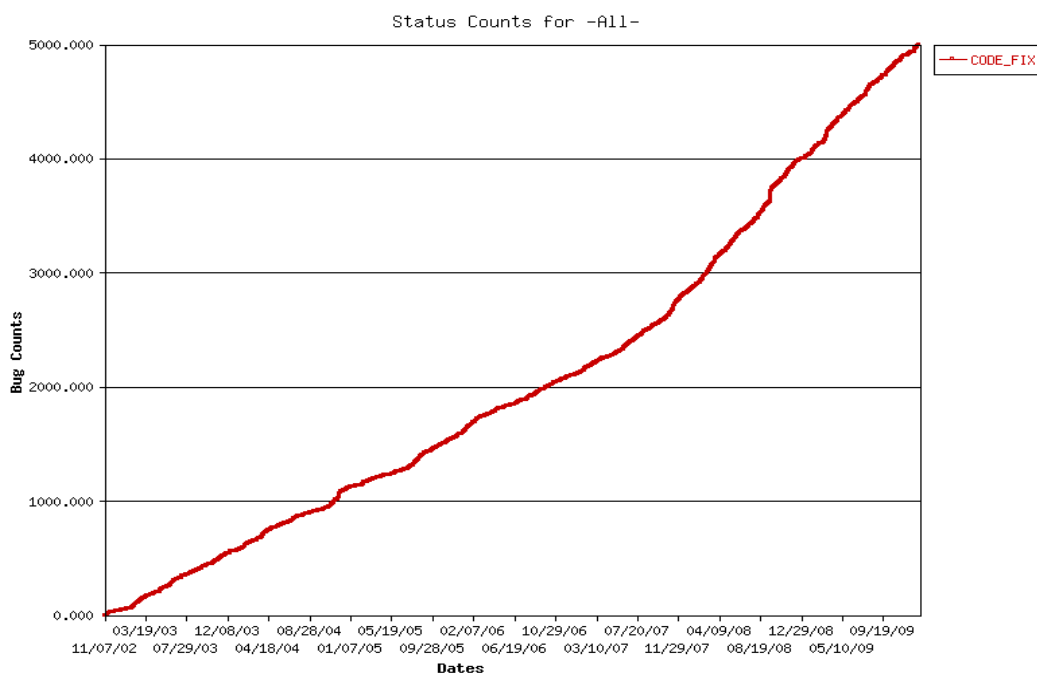
- Linux jedro
- miniTube
- giflib
- openssl
- aMule
- libpng

4.2 Način dela

Analiza zanesljivosti programske opreme poteka drugače kot pri strojni opremi. Medtem ko gre pri slednji za verjetnosti odpovedi po določenem času, gre pri programski opremi predvsem za število napak v izvorni kodi, saj se programska oprema skozi čas ne obrablja. Rezultati take analize so ocena kompleksnosti izvorne kode, predvideno števila napak ter možnosti vzdrževanja.

Želela sva izvesti black-box analizo, to je analiza pri kateri, na podlagi že odkritih napak in časa ko so bile odkrite, s pomočjo različnih metod določimo koliko je še napak v izvorni kodi in kdaj predvidoma bodo odkrite. Vse metode predpostavljajo da se število napak skozi čas zmanjšuje, torej se tudi časi med odkritimi napakami povečujejo, nekatere metode so bolj optimistične (hitrejše zviševanje časov med odkritji napak), druge so manj optimistične.

Najprej je izgledalo da bo takšno analizo možno izvesti vsaj za jedro, ker so poročila o odkritih napakah dobro dokumentirana (<http://www.kernel.org/pub/linux/kernel/v2.6/>), vendar pa se je izkazalo, da se kljub temu da ob vsaki novi različici jedra popravijo veliko število napak, pojavi še večje število novo nastalih napak. Te nastanejo bodisi ob dodajanju novih funkcionalnosti ali ob nespretnem popravljanju starih. Na sliki 4.2-1 se vidi kako se je povečevalo skupno število odkritih in popravljenih napak od leta 2002 do danes. Če bi želeli uporabiti metode za black-box testiranje bi graf moral imeti bolj logaritemsko obliko, torej da bi vsota napak zelo počasi naraščala ali pa sploh ne.



Slika 4.2-1 Skupno število odkritih in popravljenih napak od leta 2002 do 2010. X-os: čas, Y-os: Število do datuma odkritih napak

Zaradi zgoraj podanih razlogov sva se osredotočila na white-box analizo, ki na podlagi izvorne kode izračuna različne metrike, ki služijo kot ocena programske opreme.

4.3 Metrike

4.3.1 Ciklometrična kompleksnost - v(G)

Ta metrika nam nam pove koliko je različnih poti skozi programa. Vsaka vejitev število poti poveča za 1. Če poznamo vrednost v(G), potem vemo koliko različnih testiranj bi morali izvesti, če bi želeli skozi vse možne poti v izvorni kodi.

| STAVEK | SPREMEMBA A v(G) | OBRAZLOŽITEV |
|------------------------|---------------------|--|
| If...Then | +1 | If stavek predstavlja odločitev |
| Elseif..Then | +1 | Vsak Elseif doda novo odločitev |
| Else | 0 | Ne prispeva nove odločitve |
| Switch Case | +1 za vsak Case | Vsak Case predstavlja odločitev. Če sta dva Case stavka zaporedoma brez vmesne kode se prišteje samo 1 |
| Switch default | 0 | Ne prispeva nove odločitve |
| For | +1 | Odločitev je na začetku zanke |
| While... do | +1 | Odločitev je na začetku zanke |
| Brezpogojna Do.. zanka | 0 | Ni odločitve |
| Catch | +1 | Prispeva novo odločitev |

Tabela 4.3-1 Sprememba vrednosti v(G) glede na programski stavek

Avtor metrike McCabe svetuje da projekt razdelimo na module tako da za posamezen modul vrednost v(G) ne preseže 15.

Podjetje Enerjy je leta 2008 izvedlo analizo večjega števila projektov v Javi, o tem kako sta povezana metrika v(G) in verjetnost odpovedi programske opreme. Ugotovili so, da je pri razredih, ki imajo v(G) manj kot 11, verjetnost odpovedi 28% , ta pa zraste do katastrofalnih 98% pri razredih z ciklometrično kompleksnostjo 74.

Proizvajalec orodja s katerim sva analizirala izvorne kode kot metriko ciklometričen kompleksnosti navaja še mero **maxND**, ki podaja največje število gnezdenih zavitih oklepajev {}. Kot zgornjo mejo za razumljive in enostavne programe navajajo vrednost 5.

4.3.2 Halsteadova metrike

Halsteadove metrike služijo kot ocena kompleksnosti izvorne kode izključno po kvantiteti operandov in operatorjev.

Za izračun Halsteadovih matrik potrebujemo ob pregledu izvorne kode prešteti naslednje parametre:

- n_1 - Število različnih operatorjev
- n_2 - Število različnih operandov
- N_1 - Število vseh operatorjev
- N_2 - Število vseh operandov

Z zgornjimi operandi nato izračunamo sledeče metrike:

N - dolžina programa

- Dolžina programa je definirana kot vsota števil vseh operatorjev in operandov

$$N = N_1 + N_2$$

n - slovar programa

- Slovar programa je definiran kot vsota števila različnih operatorjev in operandov

$$n = n_1 + n_2$$

V - volumen programa

- Volumen programa opisuje velikost implementacije algoritma. Služi kot eden izmed vhodov za oceno možnosti vzdrževanja.
- Volumen enovrstične funkcije brez parametrov je okoli 20. Za funkcije ki imajo volumen večji od 1000 pa se ocenjuje da dela preveč stvari.
- Za posamezne datoteke pa je priporočeno da je volumen med vrednostima 100 in 8000.

$$V = N \log_2 n$$

D - težavnost programa

- Drugi ime za to metriko je tudi nagnjenost k napakam. Vrednost je sorazmerna z številom različnih operatorjev in razmerjem med številom vseh operandov in številom različnih tipov operandov. Halstead je to metriko osnoval na predpostavki da je verjetnost napake večja če uporabljamo večje število različnih operatorjev ali če isti operand uporabimo večkrat.

$$D = \frac{n_1 N_2}{2 n_2}$$

E - težavnost implementacije

- Težavnost implementacije oz. razumevanja programa je sorazmerna z težavnostjo programa in volumnom.

$$E = DV$$

B - ocena števila napak

- Ta metrika služi kot ocena števila napak v posamezni funkciji ali datoteki izvorne kode. Halstead jo je določil empirično. Avtor prav tako navaja da vrednost metrike B za posamezno datoteko nebi smela presegati 2.
- Izkušnje strokovnjakov na področju zanesljivosti kažejo da je ta ocena precej optimistična in da je dejanska vrednost večja.

$$B = \frac{E^{2/3}}{3000}$$

4.3.3 MI - indeks možnosti vzdrževanja

Indeks možnosti vzdrževanja poda oceno, ali je program napisan pregledno in je popravljanje napak izvedljivo, oziroma ali je bolje ponovno napisati celotno izvorno kodo.

Za izračun te metrike potrebujemo:

- **aveV** – povprečna vrednost Halsteadovega volumna na modul
- **aveG** – povprečna vrednost ciklometrične kompleksnosti v(G) na modul
- **aveLOC** – povprečno število vrstic kode na modul
- **perCM** – povprečen delež vrstic komentarjev na modul

S pomočjo teh vrednosti potem izračunamo

$$MI = 171 - 5.2 \ln(aveV) - 0.23aveG - 16.2 \ln(aveLOC) + 50 \sin(\sqrt[2]{2.4 * perCM})$$

Za celoten projekt oz. posamezno datoteko velja, da ,če ima MI vrednost nad 80, je izvorna koda pregledna in enostavna za vzdrževanja, pri vrednostih pod 65 pa je koda nepregledna in se moramo v primeru želje po vzdrževanju vprašati ali ni ceneje ponovno napisati izvorno kodo za celoten modul.

Statistične metrike

- **LOCphy** - število vseh vrstic.
- **LOCbl** - število praznih vrstic
- **LOCpro** - dejansko število programskih vrstic
- **LOCcom** - število vrstic, ki jih zavzemajo komentarji
- „;“ -število podpičij

4.4 Orodje za testiranje

Pri najinem delu sva uporabljala orodje Teswell CMT++, ki izračuna vse zgornje metrike za podano izvorno kodo. Proizvajalec ponuja tudi grafično okolje za CMT++, ki se imenuje Verybench.

Programu podamo mejne vrednosti metrik za funkcije in datoteke, ta pa na vrne koliko prvih in drugih ne ustreza tem mejnim vrednostim, orodje tak pojav označi za alarm. Na koncu poročila so zapisani še rezultati posameznih metrik na nivoju celotnega projekta. Pri tem velja opozoriti, da metriko B(ocena števila napak) izračunava le na nivoju posameznih datotek.

Poleg poročila, ki ga izdela program CMT++ nam Verybench vrne še grafe in diagram:

- Kiviatov diagram, ki prikazuje odmike metrik od idealnih vrednosti
- Graf povezanosti dolžine izvorne kode – **LOCpro** posameznih datotek v primerjavi z njihovim največjim številom gnezdenih oklepajev – **maxND**
- Graf števila funkcij posamezne vrednosti **v(G)**
- Graf števila funkcij posameznega intervala vrednosti **LOCpro**
- Graf števila funkcij posameznega intervala vrednosti **perCM**
- Graf števila funkcij posameznega intervala vrednosti **MI**
- Graf števila funkcij posameznega intervala vrednosti **V**

Vse zgoraj omenjene grafe izdela samo za celoten projekt.

4.5 Rezultati

Pri testiranju programov/knjižnic sva za mejne vrednosti vzela sledeče vrednosti :

Za datoteke:

| Metrika | Min vrednost | Max vrednost |
|---------|--------------|--------------|
| v(G) | 1 | 100 |
| V | 100 | 8000 |
| B | 0 | 2 |
| MI | 65 | / |
| LOCpro | 4 | 400 |
| perCM | 30 | 75 |

Za funkcije:

| Metrika | Min vrednost | Max vrednost |
|---------|--------------|--------------|
| v(G) | 1 | 15 |
| V | 20 | 1000 |
| MI | 65 | / |
| LOCpro | 4 | 40 |
| perCM | 30 | 75 |

Tabela 4.5-1 Min in max vrednosti za testiranje datotek in funkcij

Zgornje vrednosti nam predlaga orodje samo kot najboljše za oceno izvorne kode.

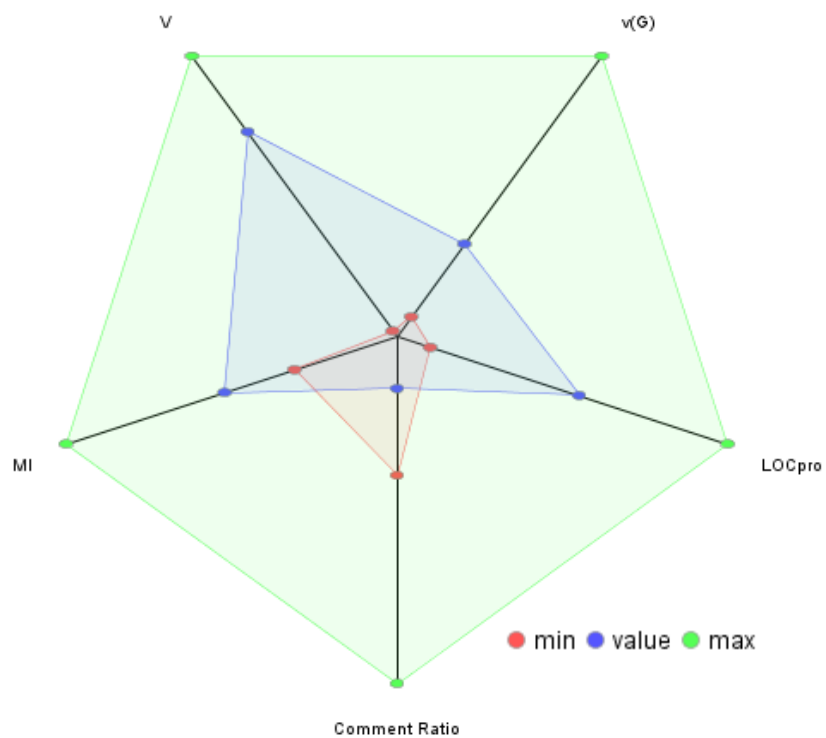
Za prikaz rezultatov sva pri posameznem programu/knjižnici prikazala statistične podatke, vrednosti metrik za celoten program/knjižnico ter nekaj zanimivejših grafov. Pri grafih za jedro se na stolpcih slabo vidijo vrednosti vendar sva jih kljub temu prikazala v poročilu, saj se kljub temu da razbrati tiste bistvena dejstva, ki jih orodje želi prikazati.

4.5.1 Linux jedro 2.6.22.19

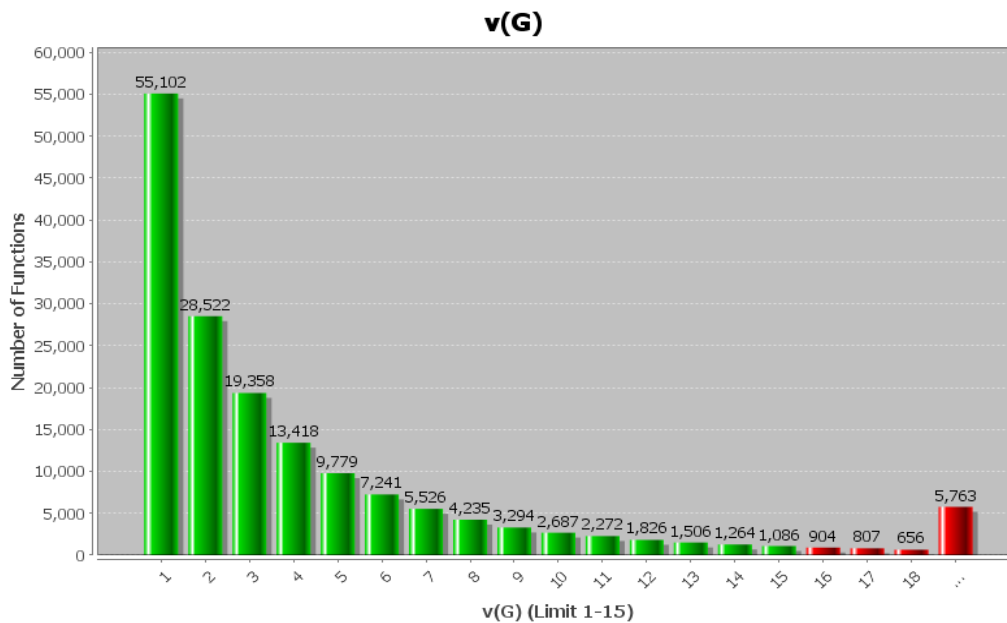
- v(G) : 657.479
- MI: 109
- Statistični podatki:

| | |
|-------------|-----------|
| Št. datotek | 18.427 |
| Št. funkcij | 165.246 |
| LOCphy | 7.502.955 |
| LOCbl | 1.013.395 |
| LOCpro | 5.282.228 |
| LOCcom | 1.543.270 |
| „;“ | 2.401.957 |

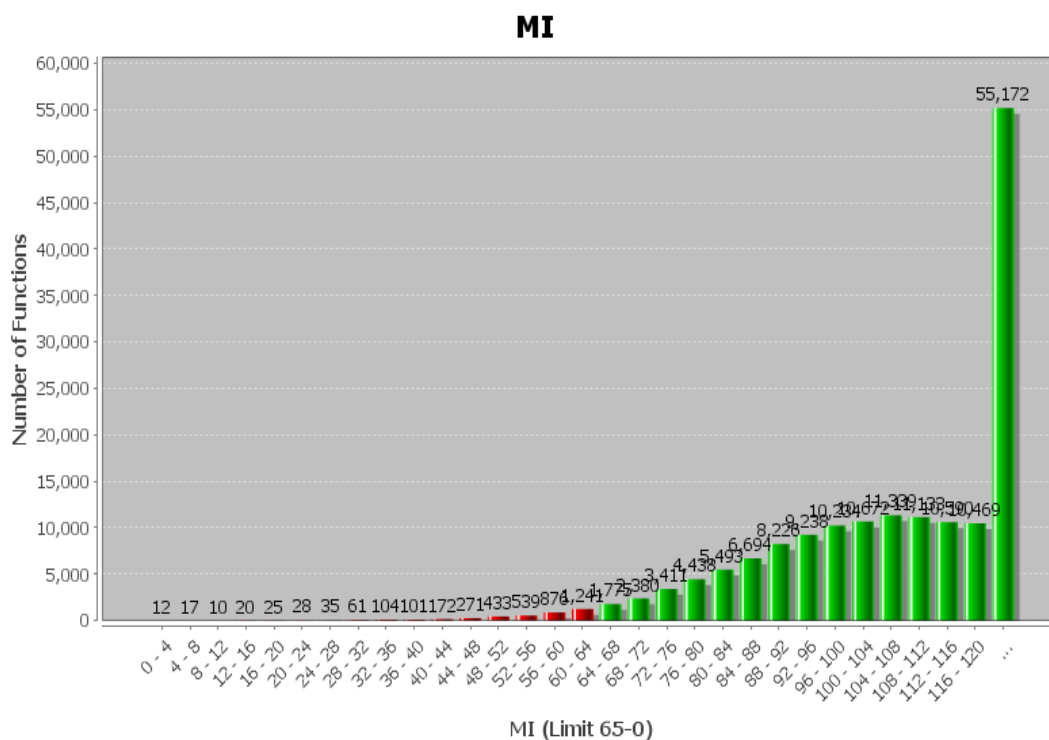
Tabela 4.5-2 Podatki za linux jedro



Slika 4.5-1 Diagram prikazuje vrednosti metrik glede na priporočene

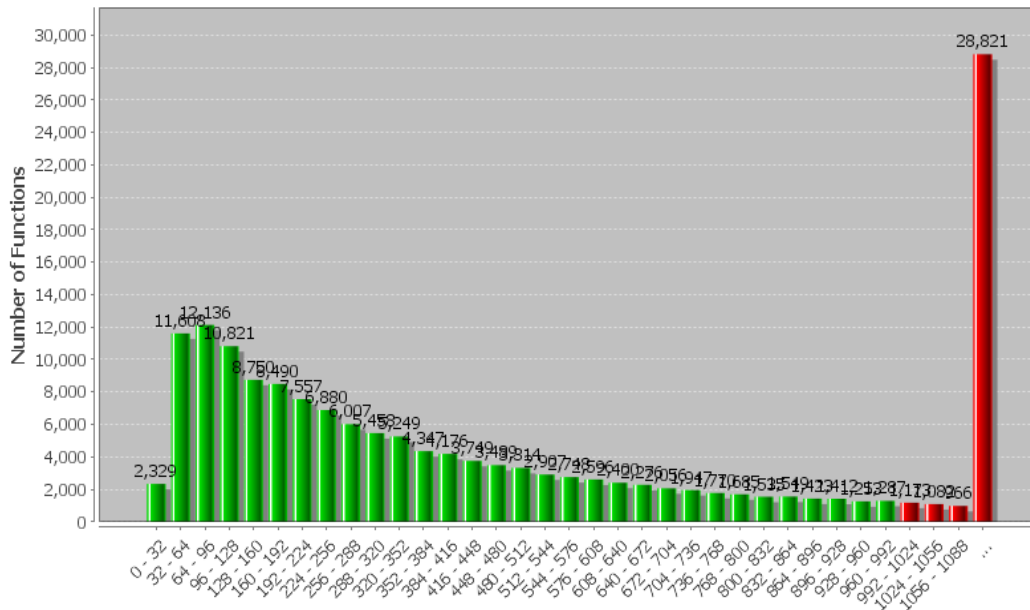


Slika 4.5-2 Števila funkcij jadra na posamezno vrednost v(G)



Slika 4.5-3 Prikaz števila funkcij jadra na posamezno vrednost MI

V



Slika 4.5-4 Število funkcij na posamezno vrednost metrike V

4.5.2 Komentar rezultatov za jedro

Jedro operacijskega sistema Linux je, kot je vidno iz statističnih podatkov, iz vidika velikosti izvorne kode izredno obsežno.

Glede na število datotek in funkcij je bilo za pričakovati, da bo vrednost metrike za celotno jedro $v(G)$ velika, izkazalo se je, da ima ta nepredstavljivo visoko vrednost (657.479), kar je iz vidika testiranja vseh možnih poti nemogoče izvesti, če bi jemali jedro kot zaključeno celoto.

Če pogledamo ciklometrično kompleksnost jedra na nivoju funkcij pa ugotovimo, da je kar 1/3 funkcij brez vejitev ter da samo 4% funkcij preseže priporočeno vrednost $v(G)$. Povprečna vrednost $v(G)$ na funkcijo je 5 kar pomeni da je testiranju vseh možnih poti na nivoju funkcij ali posameznih datotek povsem možno opraviti.

Jedro se je izmed vseh metrik najbolje izkazalo pri oceni možnosti vzdrževanja – MI, saj je le 2% funkcij in 4% datotek bilo označenih kot težavnih za vzdrževanje. Kar 1/3 funkcij je bilo ocenjenih z MI več kot 120, kar lahko označimo za izredno pregledno izvorno kodo. Po najinem mnenju kar precejšnja količina teh funkcij sovпада s tistimi funkcijami, ki nimajo vejitev.

Manj v prid izdelovalcem izvorne kode jedra govori metrika V, saj kar 40% datotek presega mejne vrednosti. Če pogledamo sliko 4.5-4 vidimo da imamo dva bolj zgoščena področja, enega na desni in drugega na levi strani grafa, kar nam pove da imamo veliko funkcij, ki delajo preveč stvari in veliko funkcij, ki niso veliko kompleksnejše kot enovrstične funkcije.

Pri jedru bi bilo potrebno omeniti še veliko število datotek z več kot dvema predvidenima napakama, kar pomeni, da je le teh več kot 10.000, kar je več kakor so jih do sedaj v 8ih letih odkrili za jedro različice 2.6. Poleg metrike B velja omeniti še delež komentarjev ta je v kar 63% datotek pod pragom 30% izvorne kode, vendar se nama to ne zdi tako presenetljivo ravno zaradi tiste tretjine funkcij ki nimajo vejitev.

4.5.3 aMule

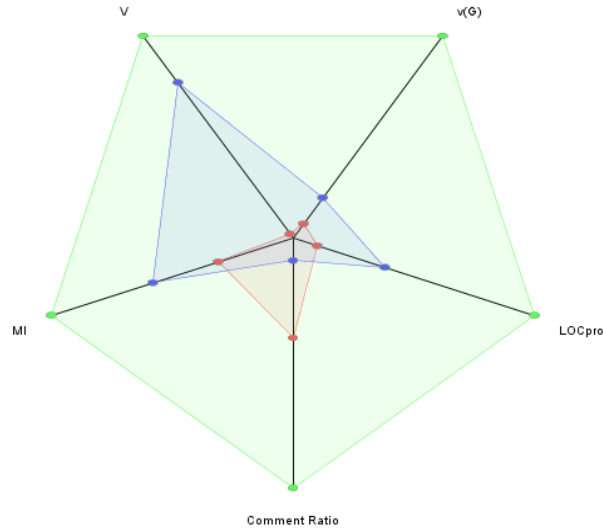
- v(G) : 1.510
- MI: 112
- Statistični podatki:

| | |
|-------------|---------|
| Št. datotek | 388 |
| Št. funkcij | 5.548 |
| LOCphy | 163.322 |
| LOCbl | 24.642 |
| LOCpro | 111.153 |
| LOCcom | 30.481 |
| „“ | 50.049 |

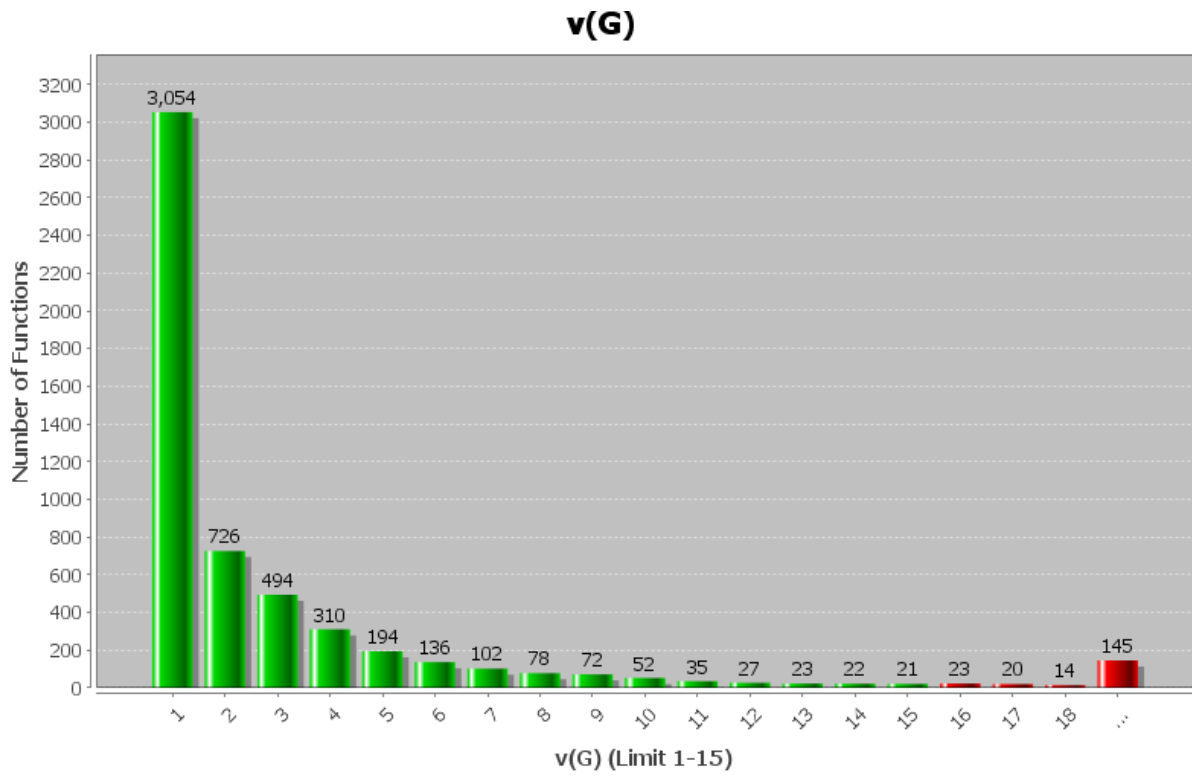
Tabela 4.5-3 Podatki za aMule

| Measure | 388 Files | | | 5548 Functions | | |
|----------------------------|------------|-----------|----------|----------------|-----------|---------|
| | Alarmed | % | Limits | Alarmed | % | Limits |
| Cyclomatic number v(G) | 46 | 11 | 1-100 | 202 | 3 | 1-15 |
| Program lines LOCpro | 77 | 19 | 4-400 | 2036 | 36 | 4-40 |
| Comment % | 201 | 51 | 30-75 | 1889 | 34 | 30-75 |
| Volume v | 135 | 34 | 100-8000 | 770 | 13 | 20-1000 |
| Estimated number of bugs B | 133 | 34 | 0-2 | 0 | 0 | n/a |
| Maintainability index MI | 12 | 3 | 65- | 113 | 2 | 65- |
| Total | 604 | 25 | | 5010 | 18 | |

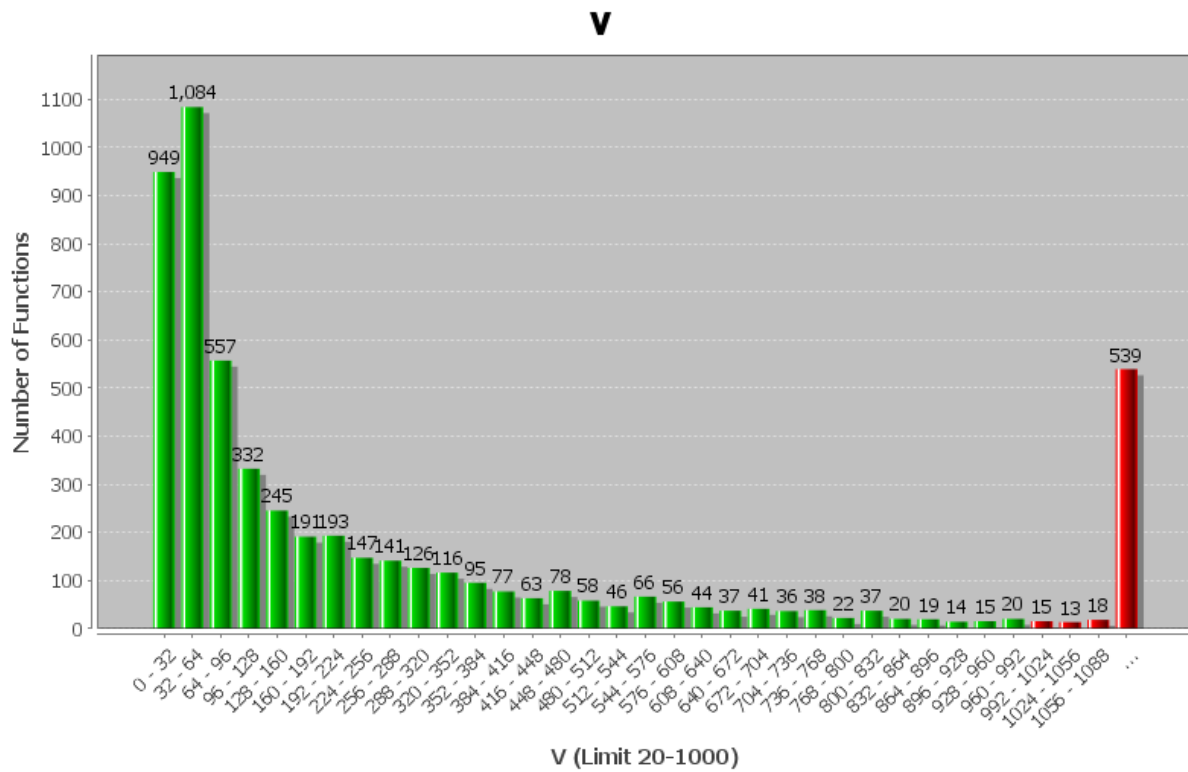
Slika 4.5-5 Končno poročilo pri aMule



Slika 4.5-6 Kwiatov diagram za aMule



Slika 4.5-7 Števila funkcij na posamezno vrednost v(G) pri aMule



Slika 4.5-8 Število funkcij na posamezno vrednost metrike V pri aMule

4.5.4 miniTube

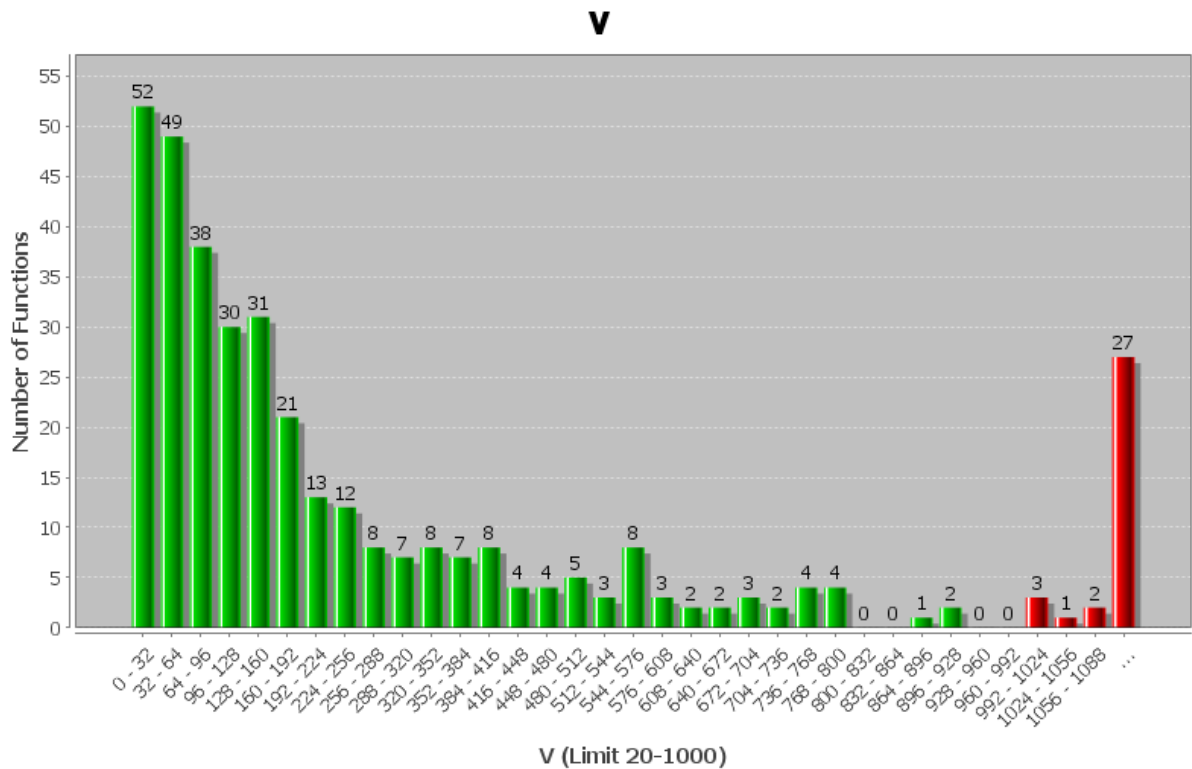
- v(G) : 530
- MI: 124
- Statistični podatki:

| | |
|-------------|-------|
| Št. datotek | 68 |
| Št. funkcij | 364 |
| LOCphy | 8.078 |
| LOCbl | 1.406 |
| LOCpro | 5.029 |
| LOCcom | 1.685 |
| „;“ | 2.850 |

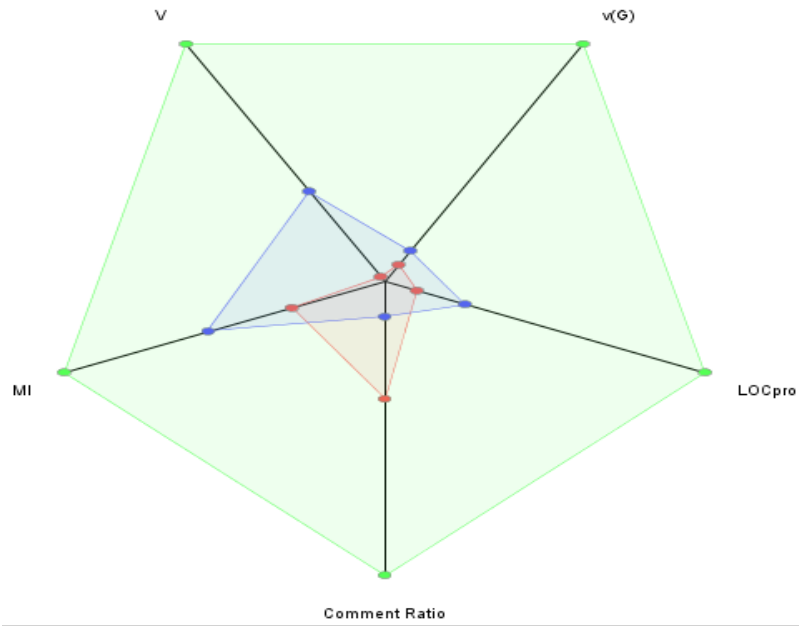
Tabela 4.5-4 Podatki za miniTube

| Measure | 68 Files | | | 364 Functions | | |
|----------------------------|-----------|-----------|----------|---------------|-----------|---------|
| | Alarmed | % | Limits | Alarmed | % | Limits |
| Cyclomatic number v(G) | 0 | 0 | 1-100 | 5 | 1 | 1-15 |
| Program lines LOCpro | 1 | 1 | 4-400 | 107 | 29 | 4-40 |
| Comment % | 51 | 75 | 30-75 | 101 | 27 | 30-75 |
| Volume v | 9 | 13 | 100-8000 | 47 | 12 | 20-1000 |
| Estimated number of bugs B | 8 | 11 | 0-2 | 0 | 0 | n/a |
| Maintainability index MI | 0 | 0 | 65- | 3 | 0 | 65- |
| Total | 69 | 16 | | 263 | 14 | |

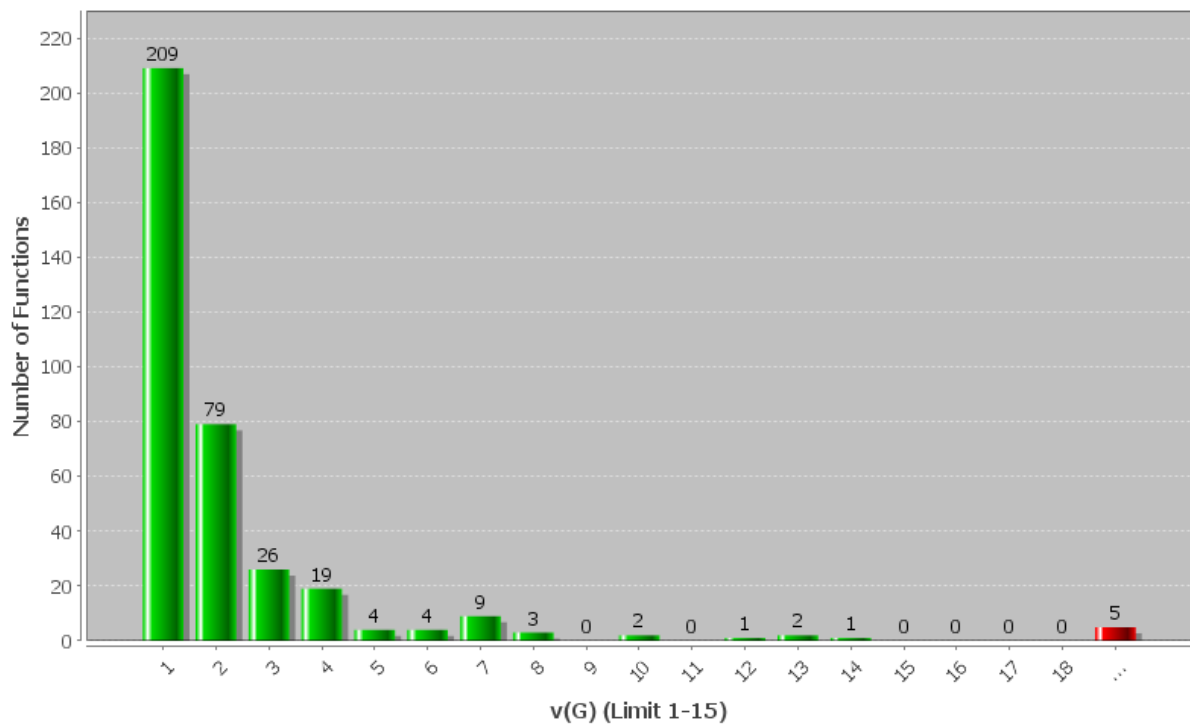
Slika 4.5-9 Končno poročilo za miniTube



Slika 4.5-10 Število funkcij na posamezno vrednost metrike V za miniTube



Slika 4.5-11 Kviatov diagram za miniTube
v(G)



Slika 4.5-1 Število funkcij na posamezno vrednost v(G) za aMule

4.5.5 openssl

- v(G) : 45896
- MI: 96
- Statistični podatki:

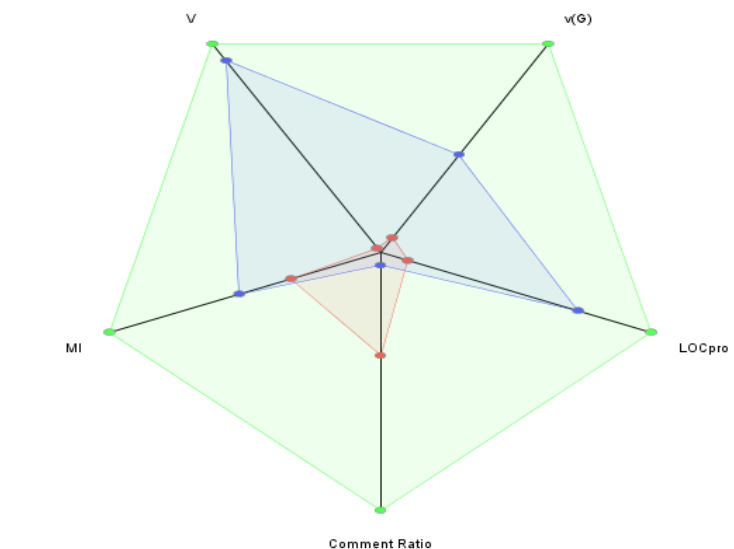
| | |
|-------------|------|
| Št. datotek | 1170 |
|-------------|------|

| | |
|-------------|---------|
| Št. funkcij | 6776 |
| LOCphy | 419.403 |
| LOCbl | 43.722 |
| LOCpro | 286.769 |
| LOCcom | 97.407 |
| „;“ | 122.118 |

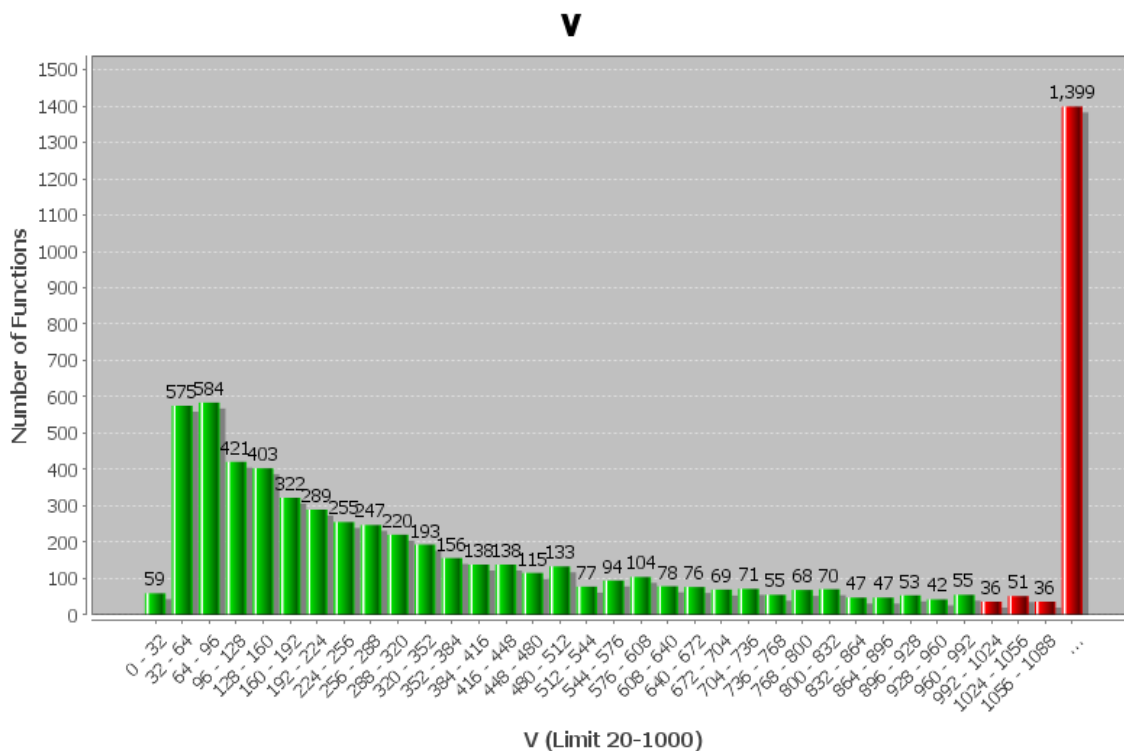
Tabela 4.5-5 Podatki za openssl

| Measure | 1170 Files | | | 6776 Functions | | |
|----------------------------|-------------|-----------|----------|----------------|-----------|---------|
| | Alarmed | % | Limits | Alarmed | % | Limits |
| Cyclomatic number v(G) | 120 | 10 | 1-100 | 653 | 9 | 1-15 |
| Program lines LOCpro | 193 | 16 | 4-400 | 1405 | 20 | 4-40 |
| Comment % | 614 | 52 | 30-75 | 4113 | 60 | 30-75 |
| Volume v | 415 | 35 | 100-8000 | 1517 | 22 | 20-1000 |
| Estimated number of bugs B | 387 | 33 | 0-2 | 0 | 0 | n/a |
| Maintainability index MI | 127 | 10 | 65- | 446 | 6 | 65- |
| Total | 1856 | 26 | | 8134 | 24 | |

Slika 4.5-13 Končno poročilo pri openssl



Slika 4.5-14 Kviatov diagram za openssl



Slika 4.5-2 Število funkcij na posamzeno vrednost V pri openssl

4.5.6 libpng

- $v(G)$: 5.901
- MI: 89
- Statistični podatki:

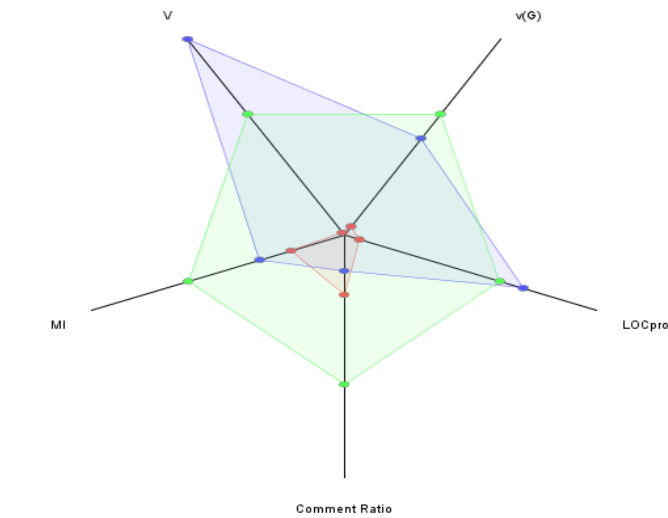
| | |
|-------------|--------|
| Št. datotek | 42 |
| Št. funkcij | 471 |
| LOCphy | 38.564 |
| LOCbl | 4.975 |
| LOCpro | 27.472 |
| LOCcom | 7.346 |
| „;“ | 12.127 |

Tabela 4.5-6 Podatki za libpng

OVERALL SUMMARY:

| Measure | 42 Files | | | 471 Functions | | |
|----------------------------|------------|-----------|----------|---------------|-----------|---------|
| | Alarmed | % | Limits | Alarmed | % | Limits |
| Cyclomatic number v(G) | 19 | 45 | 1-100 | 93 | 19 | 1-15 |
| Program lines LOCpro | 22 | 52 | 4-400 | 151 | 32 | 4-40 |
| Comment % | 31 | 73 | 30-75 | 318 | 67 | 30-75 |
| Volume V | 27 | 64 | 100-8000 | 159 | 33 | 20-1000 |
| Estimated number of bugs B | 27 | 64 | 0-2 | 0 | 0 | n/a |
| Maintainability index MI | 4 | 9 | 65- | 53 | 11 | 65- |
| Total | 130 | 51 | | 774 | 32 | |

Slika 4.5-16 Končno poročilo za libpng



Slika 4.5-3 Kviatov diagram za libpng

4.5.7 giflib

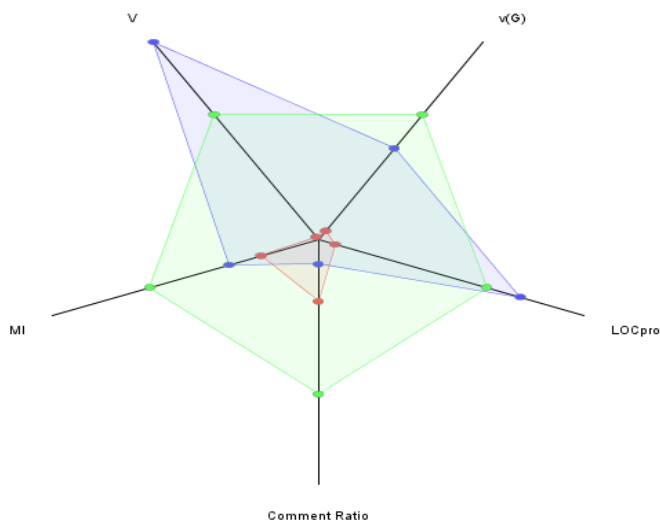
- v(G) : 2.592
- MI: 92
- Statistični podatki:

| | |
|-------------|--------|
| Št. datotek | 52 |
| Št. funkcij | 207 |
| LOCphy | 16.503 |
| LOCbl | 1.904 |
| LOCpro | 12.085 |
| LOCcom | 3.316 |
| ”;" | 5.446 |

Tabela 4.5-7 Podatki za giflib

| Measure | 52 Files | | | 207 Functions | | |
|----------------------------|------------|-----------|----------|---------------|-----------|---------|
| | Alarmed | % | Limits | Alarmed | % | Limits |
| Cyclomatic number $v(G)$ | 6 | 11 | 1-100 | 50 | 24 | 1-15 |
| Program lines LOCpro | 9 | 17 | 4-400 | 72 | 34 | 4-40 |
| Comment % | 42 | 80 | 30-75 | 152 | 73 | 30-75 |
| Volume V | 28 | 53 | 100-8000 | 90 | 43 | 20-1000 |
| Estimated number of bugs B | 29 | 55 | 0-2 | 0 | 0 | n/a |
| Maintainability index MI | 4 | 7 | 65- | 27 | 13 | 65- |
| Total | 118 | 37 | | 391 | 37 | |

Slika 4.5-18 Končno poročilo za giflib



Slika 4.5-19 Kviatov diagram za giflib

4.5.8 Komentar rezultatov za analizirane programe/knjižnice razen jedra

Statistični podatki

Nobeden izmed preostalih programov/knjižnic se ne more primerjati po obsežnosti z jedrom. Med obsežnejše projekte bi lahko šteli še knjižnico openssl in program aMule, ostalo so bistveno manj obsežni projekti. Delež komentarjev v celotnem projektu je podoben pri vseh, giblje se od 1/3 do ¼ celotne izvorne kode. Če pa pogledamo delež komentarjev v posamezni datoteki pa opazimo da pri vseh programih več kot 50% datotek ne ustreza kriterijem glede deleža komentarjev.

Ciklometrična kompleksnost $v(G)$

Če gledamo povprečno vrednot $v(G)$ na funkcijo, ki se jo lepo vidi na Kviatovih diagramih, opazimo da noben program/knjižnica v povprečju ne preseže maksimalne vrednosti, razlog za to se vidi na sliki 4.5-10. Vidimo da ima največji delež funkcij $v(G)$ okoli 1, kar pomeni da kljub temu da imamo manjši odstotek funkcij, ki ne ustrezajo kriterijem v povprečju funkcije z 1 do 3 vejitvami.

Če gledamo na nivoju datotek izstopata miniTube, pri katerem vse datoteke ustrezajo kriterijem, in libpng, kjer je kar 45% datotek ocenjenih kot preveč kompleksnih, pri ostalih programih se ta delež giblje okoli 11%.

Skupna ocena bi torej bila da so v povprečju funkcije in datoteke dovolj razdrobljene, obstajajo pa nekaj funkcij, za katere bi veljajo razmisliti o njihovi predelavi.

Halsteadove metrike

Pri metrikah V in B najbolj izstopata knjižnici giflib in libpng saj povprečna vrednost volumna na funkcijo krepko presega najvišjo dovoljeno vrednost, prav tako ima kar 53% datotek pri prvi in 64% pri drugi prevelik volumen. To nam govori o tem da so posamezni moduli v teh knjižnicah preobsežni in bi jih veljajo razdeliti. Blizu zgornje meje je tudi izvorna koda za openssl, medtem ko je pri ostalih povprečna vrednost volumna razmeroma majhna. Kot pri v(G) kriterijem najbolj ustreza program miniTube.

Če pogledamo izvlečke iz končnih poročil za posamezen program opazimo da sta metriki B in V tesno povezani saj se deleža datotek, ki ne ustrezajo kriterijem, ne razlikuje za več kot 2%, pri večini programov je ta celo enak, kar daje slutiti da so moduli, ki vsebujejo preobsežne funkcije, bolj nagnjeni k napakam.

Indeks vzdrževanja MI

Iz vrednosti MI za analizirane programe/knjižnice vidimo da je ta programska oprema razmeroma enostavna za vzdrževanje saj je vrednost MI pri vseh nad 85. Najvišjo vrednosti MI ima program miniTube najnižji pa knjižnici libpng in giflib.

4.6 Zaključek

Programska oprema

Za programsko opremo naprave PopcornHour C-200 rečemo da je v povprečju napisana optimalno, obstaja pa okoli 10% funkcij oz. datotek, ki bi lahko zaradi obsežnosti in števila vejitev povzročale težave. Sklepamo lahko še, da programi kot celote niso primerni za ročno testiranje saj imajo prevelika števila različnih poti, če pa testiramo na nivoju datotek oz. funkcij pa je tako testiranje v večini primerov enostavno izvedljivo saj ima večina funkcij 1 do 3 možnih poti.

Prav tako orodje ocenjuje da je programska oprema enostavna za vzdrževanje kljub dejstvu da ima kar 2/3 funkcij premajhen delež komentarjev glede na število programskih vrstic.

Najboljšo skupno oceno za izvorno kodo ima program miniTube saj ima v vseh metrikah (razen **perCM**) najbolj optimalne vrednosti. Najslabšo skupno oceno pa imata knjižnici za obdelavo slik png in gif.

Orodje Verybench in Testwell CMT++

Samo orodje CMT++ je precej siromašno, saj je rezultat analize tekstovna datoteka (glej izvlečke) in je za izvajanje bolj podrobne analize potrebno napisati programe za analizo teh datotek. Zato je več kot dobrodošel grafični okolje (front-end) Verybench ki poleg tekstovne datoteke ustvari še vrsto grafov, ki so veliko bolj primerni za to da hitro dobimo občutek kako kvalitetno je napisana izvorna koda.

Največja pomanjkljivost, ki sva jo opazila ob uporabi orodja je to, da ni bilo narejeno za obsežne programe, kot je npr. jedro, saj analiza izvorne kode traja skoraj celo uro, delovanje orodja pa je bistveno upočasnjeno, ko so naloženi rezultati analize jedra. Napake so opazi tudi na grafih, ki so rezultat analize saj je graf pri jedru bistveno manj pregleden kot pri ostalih manjših programih.

5 Markovska analiza

Markovska analiza je metoda, ki se uporablja za analizo zanesljivosti in dosegljivosti sistemov, ki so sestavljeni iz med seboj zelo povezanih komponent. Osredotoča se na zaporedje dogodkov in analizira težnjo enega dogodka, ki mu sledi naslednji. Uporablja markovske modele kot osnovo za napovedovanje obnašanja sistema. V Markovski verigi je verjetnost prehoda v naslednje stanje odvisna samo od trenutnega stanja in ne od stanj v preteklosti. Torej je informacija, ki lahko vpliva na prihodno evolucijo sistema, pogojena z opisom trenutnega stanja. Če povzamemo imamo rojstno-smrtni sistem, kjer je prehod možen le med sosednimi stanji.

Markovska analiza in markovski modeli so dolga leta veljali za eksotične in redko uporabljane modelirne tehnike stohastičnih procesov, še posebej kar se tiče zanesljivosti in vzdržljivosti. Pojav mednarodnega standarda IEC 61508, standarda za funkcionalno varnost električnih/elektronskih in programabilnih elektronskih sistemov povezanih z varnostjo, je markovsko modeliranje povzdignilo na nov nivo. Poleg omenjenega standarda, pa se tej metodi posveča vedno večjo pozornost zaradi vedno višje zmogljivosti računalniških sistemov in aplikacij, ki so zmožni preračunati še tako zahtevne markovske diagrame. Poleg že omenjenega IEC 61508 standarda je v uporabi še IEC 61165, ki vsebuje navodila za uporabo markovskih tehnik.

Markovska analiza je stohastičen proces. Kaj to pomeni? Stohastični model je matematični model ali kvantitativni opis naravnih pojavov. Deterministični model predvideva možni cilj glede na podane vhodne podatke/okolščine, medtem ko stohastični model predvideva množico možnih izhodov uteženih z verjetnostmi. Opazovalec je tisti, ki si izbere iz kakšnega stališča (stohastičnega ali determinističnega) bo opazoval nek pojav, izbira pa je odvisna od njegovega namena. Kriterij bo vedno uporabnost modela za določen namen. Da pa bi le-ta bil uporaben, mora izražati vse tiste značilnosti pojava, ki so ključne za problem. V zanesljivostni in vzdržljivostni domeni je stohastično modeliranje namenjeno opisu dogajanja skozi časovni interval, možnost za pokvarljivost nekega elementa in časi, potrebni za popravilo, pa postanejo naključne spremenljivke.

Markovska analiza temelji na zaporedju dogodkov in analizira tendenco enega dogodka, da mu sledi drugi. S pomočjo te analize lahko generiramo novo sekvenco naključnih, ampak še vedno povezanih dogodkov, ki bodo originalu še vedno podobni. Markovski model predvideva, da je prihodnost neodvisna od preteklosti, rečemo tudi da gre za model brez pomnjenja.

Poznamo dve metodi markovse analize: markovsko verigo in markovski proces. Markovska veriga predvideva diskretna stanja in diskretni časovni parameter, pri markovskem procesu pa so stanja zvezna. Markovski proces je natančno določen s svojo prehodno verjetnostno matriko.

Markovska analiza nam omogoča nekatere prednosti nad drugimi zanesljivostnimi modelirnimi tehnikami:

- preprost modelirni pristop: markovski modeli so preprosti za realizacijo, čeprav zahtevajo bolj kompleksen matematični pristop,
- redundanca pri spreminjanju modela: rekonfiguracija sistema je preprosta, dodajanje/odstranjevanje in spreminjanje povezav med stanji je skorajda trivialno,

- obseg: odkrite in neodkrite napake komponent so vzajemno izključujoči se dogodki. Ni jih lahko modelirati s pomočjo klasične tehnike, ampak to dobro pokrije matematični del analize.
- kompleksnost sistemov: obstaja veliko tehnik, s pomočjo katerih si olajšamo realizacijo problema,
- zaporedje dogodkov: analitik pogosto želi izračunavati verjetnost na podlagi zaporedja poddogodkov. Tudi to je en od tipov dogodkov, pri katerih se klasične tehnike ne obnesejo najbolje, s pomočjo markovske analize pa so lahko obvladljivi.

Največji problem markovske analize je eksplozija stanj, ki se pojavi z večanjem sistema. Diagrami večjih sistemov so načeloma ekstremno veliki in kompleksni, težki za konstrukcijo in računsko potratni. Problem tiči v tem, da markovsko modeliranje lahko generira vsa možna stanja sistema, kar že pri majhnem številu markovskih elementov lahko predstavlja precejšnje težave.

Primer: predpostavljajmo, da ima markovski sistem samo 10 različnih elementov, vsak od teh ima 2 stanji dobro/slabo (v nadaljevanju good/failed). Število možnih stanj se tako poveča iz 10 na kar 2^{10} ali 1024 stanj in niti predstavljati si ne moremo kako to zglada za večje število osnovnih elementov ali pa če dodamo poleg good/bad še vsaj eno degradirano (v nadaljevanju degraded) stanje, kot je to izvedeno v orodju, ki smo ga uporabljali pri realizaciji te seminarske naloge.

Ravno zaradi tega problema se ta analiza uporablja predvsem za modeliranje in natančno analizo manjših sistemov.

5.1 Orodje

Za analizo je bil uporabiljen programski paket Relex Reliability Studio.



Slika 5.1-1 Uporabljeno orodje - Relex Studio 2009

Z orodjem lahko predstavimo različna stanja (operational, degraded, failed) in prehode med njimi. Operational stanje nam pove, da je določen modul polno funkcionalen, pri degraded gre za zmanjšano funkcionalnost, failed pa neuporaben. Možne so tudi vizualne spremembe stanj, ki pa niti na delovanje programa, niti na končne rezultate nimajo vpliva. Modeliramo lahko tudi malo bolj kompleksne sisteme, vendar je poskusna (demo) verzija, ki jo dobimo na internetu, omejena.

Na podlagi modeliranih stanj in verjetnosti prehodov med le-temi (možno neodvisno od tipa stanja), nam omogoča izračun napovedi zanesljivosti delovanja za želeno število ur, na podlagi izračunov pa lahko izrisujemo tudi grafe.

5.2 Markovska analiza Popcorn Hour C-200

Glede na funkcionalnosti naprave se je bilo potrebno odločiti za nekaj vidikov, ki bi bili zanimivi za modeliranje. Upoštevajoč dejstvo, da ima naprava kar nekaj komponent, ki so v fizičnem stiku z uporabnikom in so kot take verjetno prve, pri katerih bo prišlo do odpovedi in so ravno zaradi tega zanimive, sva se odločila modelirati naslednje podsisteme:

- uporabniška interakcija
- povezava (z internetom)
- video vhodi

Pri tem sva skušala zajeti vse bistvene značilnosti podsistemov in jih pri tem, zaradi razumljivosti, poenostaviti. Kot je bilo že opisano v uvodu tega poglavja je naraščanje števila stanj precejšen problem markovske analize, kar sva spoznala zelo kmalu po tem ko sva se lotila naloge. Pri tem sva se oprla na današnje trende (npr: v primeru da uporabnik uporablja HDMI izhod in mu le-ta odpove, lahko video sistem označimo kot failed, ker današnji trend teži ravno k uporabi le-tega in je dotična naprava med drugim lahko kupljena ravno zaradi tega) in tako skušala v analizo vključiti tudi uporabnika, zaradi katerega se v končni fazi take analize sploh izvaja.

Vrednosti, uporabljene v izračunih in diagramih, ki sledijo, so bile dobljene na različne načine. Znano je, da proizvajalci teh podatkov ne delijo z javnostjo, zato je bila ta težava rešena tako, da so bile nekatere vrednosti izračunane, druge pa najdene na internetu v podobnih diagramih in člankih. Tiste vrednosti, ki se nanašajo na uporabnika naprave, sva po premisleku ocenila subjektivno. Popravljivost komponent je bila določena glede na dostopnost, ceno ter zahtevnost popravila.

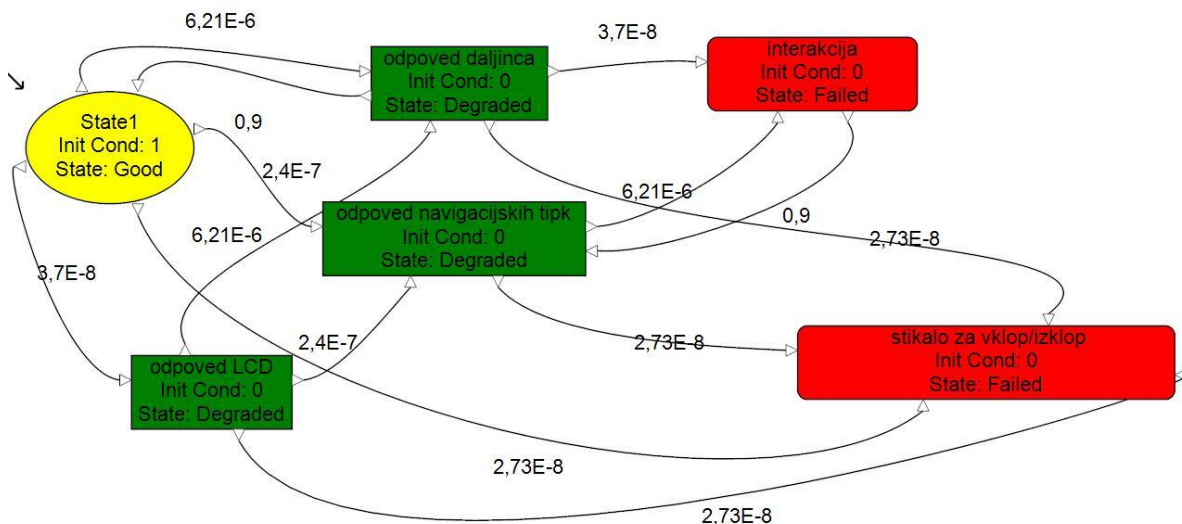
Na vseh diagramih predstavljena stanja rumene barve pomenijo popolno delovanje sistema, stanja zelene barve označujejo zmanjšano oz. delno delovanje, rdeča barva pa pomeni nedelovanje obravnavanega sistema.

5.2.1 Uporabniška interakcija

Uporabniško interakcijo tvorijo LCD zaslon, gumb za vklop/izklop, navigacijske tipke ter daljinski upravljalac. Interakcija odpove takrat, ko naprave ne moremo več upravljati.

Do neuporabnega sistema uporabniške interakcije lahko pride v naslednjih primerih:

- odpoved gumba za vklop/izklop: uporabniška interakcija popolnoma odpove, saj je celotna naprava odvisna od njegovega delovanja
- odpoved daljinca in odpoved LCD zaslona vodi do primera v katerem nad napravo nimamo več nadzora – odpoved uporabniške interakcije
- odpoved navigacijskih tipk in daljinca: ponovno nimamo več nadzora nad napravo in le-ta odpove

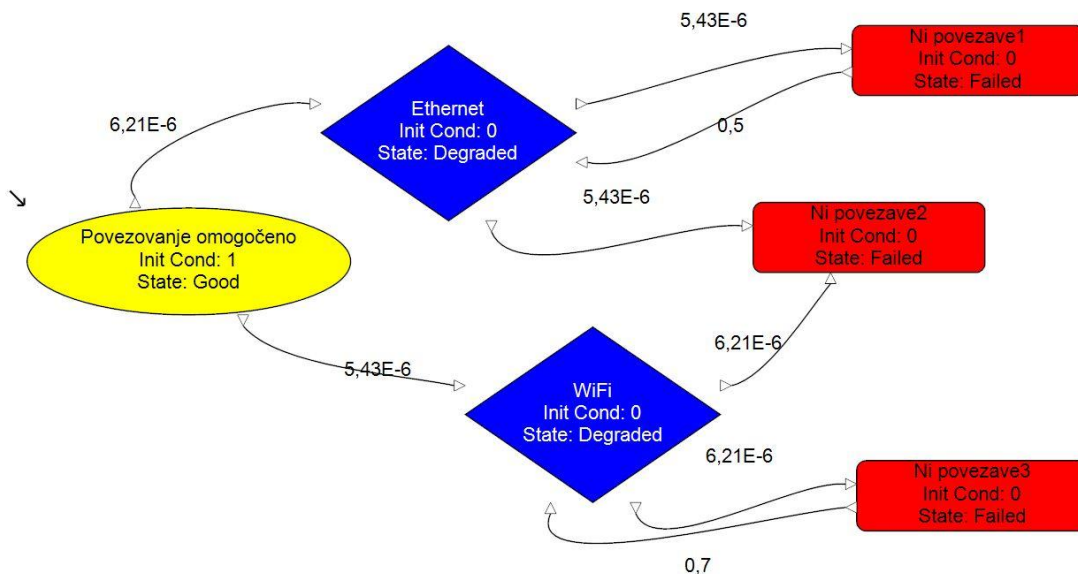


Slika 5.2-1 Diagram markovske analize za uporabniško interakcijo

V primeru odpovedi navigacijskih tipk, ima sistem zmanjšano delovanje, saj napravo še vedno lahko upravljamo z daljinskim upravljalcem ter obratno – ob odpovedi daljinca, uporabniška interakcija poteka preko navigacijskih tipk in LCD zaslona. Možne so kombinacije odpovedi, zgoraj so naštetni so le minimalni pogoji potrebni za odpoved uporabniške interakcije.

5.2.2 Povezava

Napravo lahko z internetom povežemo na dva načina in sicer brezžično ali z UTP kablom. Povezavi sta alternativa ena drugi, preklop med njima pa je ročen in ga mora izvesti uporabnik.



Slika 5.2-2 Diagram markovske analize za povezavo

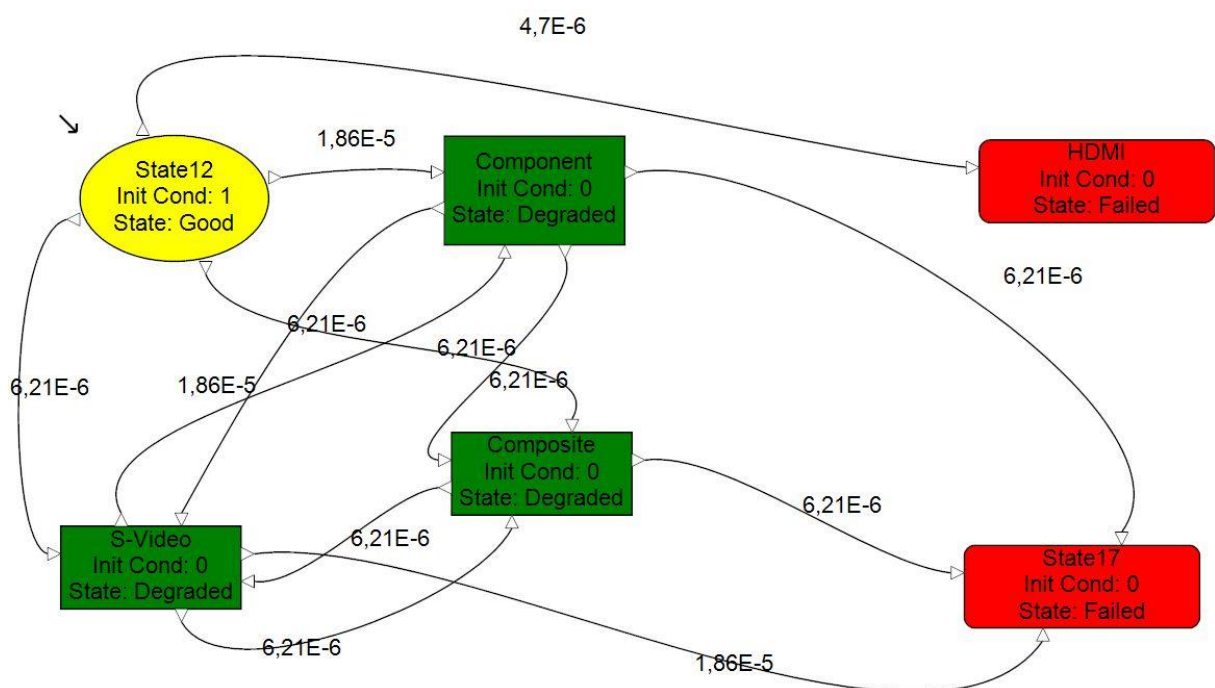
Naprava se v omrežje lahko povezuje preko etherneteta ali pa preko brezžične WiFi povezave. V primeru izpada ethernet povezave to pomeni, da bo uporabnik primoran preklopiti na WiFi (in

obratno). Do neuporabnosti bo prišlo šele v primeru ko bosta oba, tako Ethernet kot WiFi nauporabna.

Tukaj je upoštevan tudi uporabnik, saj je od njega odvisno, ali bo preklopil na drug način povezovanja in ali ima drug način povezovanja na voljo.

5.2.3 Video priključki

Popcorn Hour C-200 ima štiri video vhode. To so: HDMI, S-Video, Component ter Composite. Analiza privzema, da so si zadnji trije lahko alternativa.



Slika 5.2-3 Diagram markovske analize za video priključke

Popcorn Hour C-200 ima štiri video vhode:

- component
- S-Video
- Composite
- HDMI

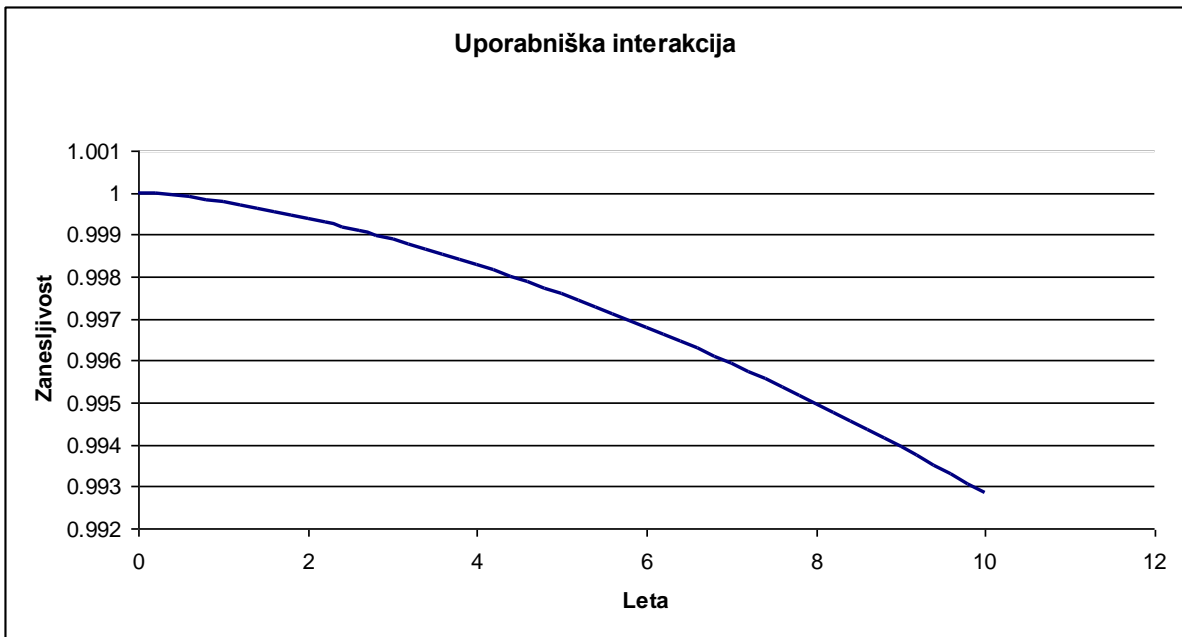
Analiza privzema, da izpad HDMI sistema naredi celoten sistem video izhodov neuporaben, saj današnji trendi težijo k visokoločljivostni sliki in je marsikatera naprava kupljena ravno s tem namenom. Preostali trije video izhodi so lahko alternativa en drugemu in naprava popolnoma odpove šele ob izpadu vseh treh sistemov.

5.3 Rezultati

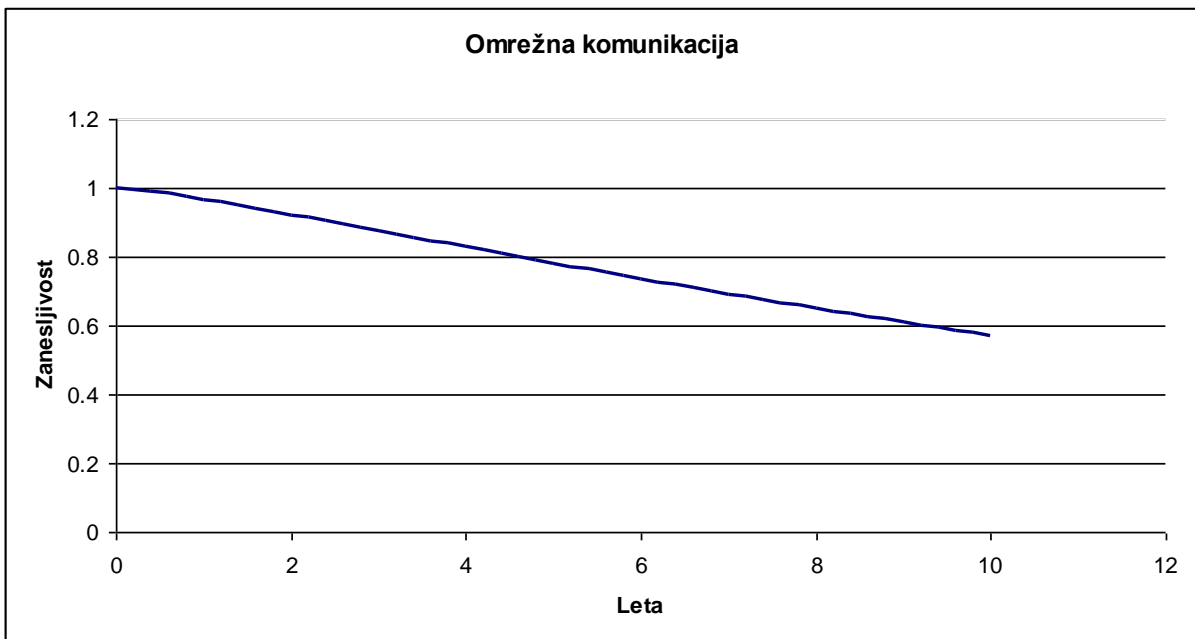
V tem poglavju so predstavljeni rezultati analize, ki so bili izračunani s programskim orodjem Relex, za obdobje 10 let delovanja. Na podlagi teh rezultatov pa so narejeni tudi grafi na slikah 5.3-1, 5.3-2 in 5.3-3.

| | Omrežne naprave | Video priključki | Uporabniška interakcija |
|---------------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| Leta delovanja | Zanesljivost | Zanesljivost | Zanesljivost |
| 0 | 1 | 1 | 1 |
| 0.4 | 0.992136 | 0.99982 | 0.999949 |
| 0.8 | 0.975696 | 0.998419 | 0.999832 |
| 1.2 | 0.958475 | 0.995719 | 0.999698 |
| 1.6 | 0.94065 | 0.991819 | 0.999545 |
| 2 | 0.922373 | 0.986813 | 0.999375 |
| 2.4 | 0.903775 | 0.980789 | 0.999187 |
| 2.8 | 0.884966 | 0.973831 | 0.998983 |
| 3.2 | 0.866041 | 0.966018 | 0.998762 |
| 3.6 | 0.847081 | 0.957424 | 0.998526 |
| 4 | 0.828155 | 0.948117 | 0.998274 |
| 4.4 | 0.809321 | 0.938165 | 0.998006 |
| 4.8 | 0.790627 | 0.927629 | 0.997724 |
| 5.2 | 0.772114 | 0.916565 | 0.997427 |
| 5.6 | 0.753816 | 0.90503 | 0.997116 |
| 6 | 0.735762 | 0.893073 | 0.996792 |
| 6.4 | 0.717974 | 0.880743 | 0.996453 |
| 6.8 | 0.700473 | 0.868085 | 0.996102 |
| 7.2 | 0.683271 | 0.85514 | 0.995737 |
| 7.6 | 0.666382 | 0.841947 | 0.99536 |
| 8 | 0.649814 | 0.828545 | 0.994971 |
| 8.4 | 0.633573 | 0.814966 | 0.994569 |
| 8.8 | 0.617665 | 0.801243 | 0.994156 |
| 9.2 | 0.602092 | 0.787407 | 0.993732 |
| 9.6 | 0.586855 | 0.773484 | 0.993296 |
| 10 | 0.571954 | 0.7595 | 0.992849 |

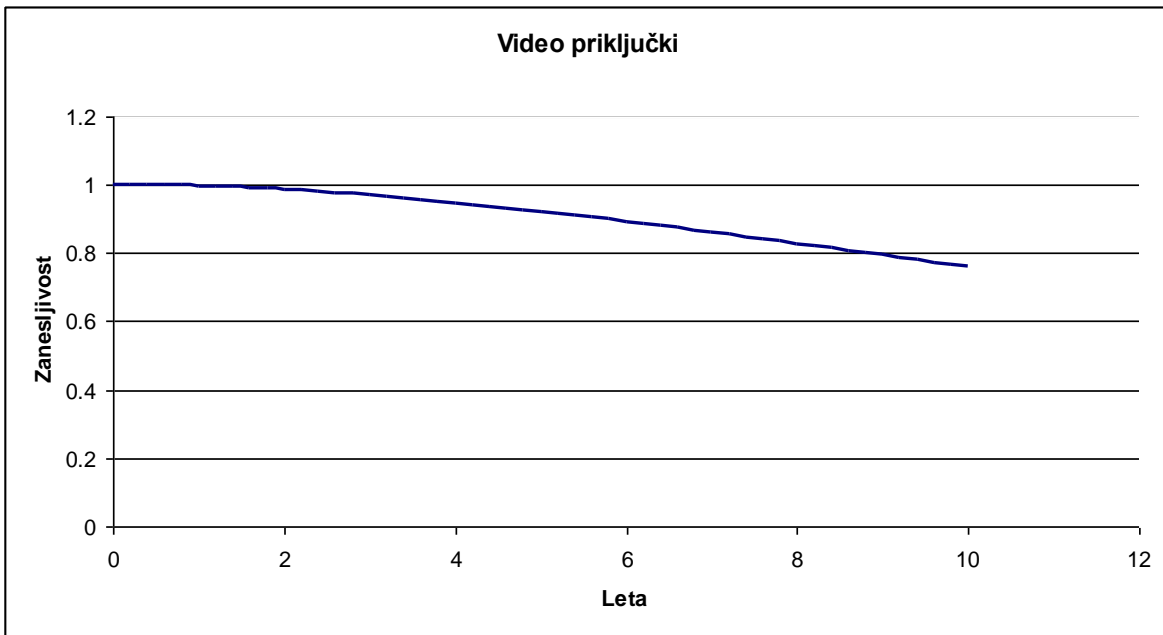
Tabela 5.3-1 Rezultati analize



Slika 5.3-1 Graf zanesljivosti v odvisnosti od časa za uporabniško interakcijo



Slika 5.3-2 Graf zanesljivosti v odvisnosti od časa za povezavo



Slika 5.3-3 Graf zanesljivosti v odvisnosti od časa za video priključke

5.4 Diskusija

Rezultati analize so zelo odvisni od zanesljivosti komponent, ki jih obravnavamo, te podatke pa je od proizvajalca zelo težko dobiti. Zato so bili uporabljeni približni podatki, iz tega pa lahko sklepamo, da so tudi sami rezultati analize približni oz. nenatančni.

Rezultati analize za uporabniško interakcijo se zdijo nekoliko nerealistični, glede na to, da bi bilo po desetih letih delovanja, to še vedno skoraj popolno. Razlog verjetno tiči v tem, da je daljinski upravljalnik naprave popravljiv z zelo veliko verjetnostjo. Upoštevala sva namreč dejstvo, da najpogostejše 'popravilo', torej zamenjavo baterije, lahko naredi praktično vsak. Tudi ob drugih okvarah se pojavi cenovno ugodna in dostopna možnost zamenjave daljinca, saj ga dobimo v vsaki dobro založeni trgovini.

Rezultati analize povezave in video priključkov so precej realistični, kljub temu, da je bil pri analizi povezave vključen faktor uporabnika oz. možnosti izbire. Poleg uporabnikovega preklopa je bila upoštevana tudi razpoložljivost brezžične ali ethernet povezave. Iz rezultatov sklepava, da so bile te subjektivno podane ocene, dobre.

Lahko rečemo, da so oviram navkljub rezultati precej realistični, vsekakor pa bi bilo zanimivo analizo izvesti z realnimi zanesljivostnimi parametri in nato primerjati rezultate.

6 FTA

FTA (Fault Tree Analysis) je metodologija diagnostike odpovedovanja računalniških sistemov, ki je bila razvita v Bell-ovih laboratorijih na začetku 60-ih let za ameriško vojaško letalstvo. Kasneje se je ta metodologija razširila v različne standarde za misijsko kritične računalniške sisteme (avtomatizirani kontrolni sistemi v jedrskih elektrarnah, računalniški sistemi za letalstvo itd.). Ob koncu 60-ih let, je to metodologijo prevzelo tudi podjetje Boeing.

FTA analiza je v grobem sestavljena iz logično-deduktivnih diagramov stanj sistema. Sistem pa hočemo bolj podrobno analizirati iz vidika vseh možnih načinov odpovedi. Z razliko od FMEA analize, je FTA deduktivna metoda diagnostike, kar pomeni, da so rezultati analize podvrženi subjektivnemu ocenjevanju. Nekateri standardi priporočajo sledenje nekaterih postopkov in uporabo že testiranih in veljavnih podatkov iz drugih specifičnih analiz (kot je recimo analiza zanesljivosti sistema po MIL standardu). Nekatero korake oz. postopke in podatke smo tudi mi upoštevali v spodnjem razdelku.

FTA analiza je osnovana na organizacijo načinov odpovedi nekega kompleksnega sistema v drevesno strukturo, kjer je koren drevesa predstavljen z glavnim načinom odpovedi sistema, njegovi listi pa predstavljajo glavni vzroki odpovedi. Drevo odpovedi gradimo iz korena proti listom tako, da vsak "neželjen dogodek" (to je vzrok ali način odpovedi) združimo z logičnim operatorjem v korenu drevesa ali v korenu poddrevesa (t.j. "funkcijska" podenota za katero velja, da je ta dogodek vzrok odpovedi sistema). Opisan postopek gradnje sledi t.i. konceptu "top-down". Top-down metode so dobro poznane v računalništvu, saj se le te uporabljajo pri snovanju mnogih algoritmov in podatkovnih struktur (primer metode "*divide et impera*").

Pri mnogih standardih za FTA analizo je predpisano, naj metoda analize vrne končni rezultat v obliki verjetnosti odpovedovanja. Predpisano je, da naj osnovnim vzrokom odpovedi, določimo njihove verjetnosti in intenzivnosti odpovedovanja. Ena izmed glavnih slabosti FTA analize je v tem, da ponekod smemo te verjetnosti določiti sami. Nekateri standardi pa strogo priporočajo, da naj nekatere verjetnosti, dobimo iz drugih analiz, recimo iz standardov MIL ali TELCORDIA. V splošnem pa se te verjetnosti zelo težko določajo brez subjektivnega ocenjevanja. Zaradi te slabosti je potrebno končne rezultate analize vzeti s pincetami oziroma jih vsaj bolj kritično uporabiti.

Množice vzrokov odpovedi običajno združimo v t.i. *minimal cut-sets*. To so minimalne podmnožice aktivnih listov, za katere velja, da odpoved vseh listov oz. osnovnih vzrokov vodi do odpovedi korena. Obstajajo primeri sistemov, kjer te množice nimajo praktične uporabe, saj predstavljajo vsi listi minimalni cut-set. Do tega pride takrat, ko so vsi vzroki odpovedi "enakopravni" oziroma imajo enako težo do odpovedi sistema. Taki sistemi so bogati z OR vrati in kot bomo videli v nadaljevanju je podoben primer tudi naš multimedijški sistem Pop-Corn Hour C200.

Eden izmed glavnih ciljev FTA analize je grajenje takega drevesa odpovedi, ki je bogat z AND vrati, saj te predstavljajo obliko redundance in hkrati robustnost sistema proti odpovedi. Pri večini splošno-namenskih uporabniških sistemov pa redundanca večkrat ni prisotna v nobeni izmed glavnih oblik, zato so drevesa FTA analize bogate z OR vrati, kar pomeni, da so vsi možni osnovni vzroki odpovedi, vir hudih posledic.

6.1.1 Koraki izvedbe FTA

Kot smo že v uvodu omenili, izvedba FTA analize lahko sintetiziramo v nekaj osnovnih korakov:

- kot prvo je potrebno opisati sistem opazovanja
- nato določimo vse možne funkcijske načine odpovedi in njihove vzroke
- za vse možne načine odpovedi:
 - zgradimo drevo
 - analiziramo dogodke
 - določimo verjetnosti pojavitve tipa dogodka
 - določimo verjetnosti pojavitve
- novo nastala drevesa spojimo v večja drevesa (top events assembling)

Tukaj lahko vidimo, da se pojavi problem pri velikih sistemih, saj so v tem primeru drevesa odpovedi zelo obširna. Računanje in rokovanje z njimi lahko postane velik problem časa in zmogljivosti. Analiza potemtakem postane zelo nepregledna.

6.1.2 Klasifikacija vzrokov odpovedi

Vzroke odpovedi v splošnem lahko razdelimo v tri glavne skupine:

- odpoved tehnične komponente
- uporabniške napake in relativne odpovedi
- zunanji dogodki

Pri večini uporabniško namenjenih sistemov lahko iz začetnega položaja analize, uporabimo zgoraj opisano klasifikacijo. Standardi za FTA pa nikakor ne prepovejo drugačno razlikovanje, ker je začetna razdelitev funkcijskih odpovedih zelo odvisna od opazovanega sistema. Kot primer rečemo, da se bodo načini odpovedi letala, ki leti deset kilometrov nad našo glavo (kjer je povprečna temperatura - 70°C), gotovo razlikovali z odpovedi uporabniškega prenosnega telefona, ki se ga uporablja v dnevni sobi pri 20°C. Za naš primer se bomo v glavnem zgledovali po opisani klasifikaciji.

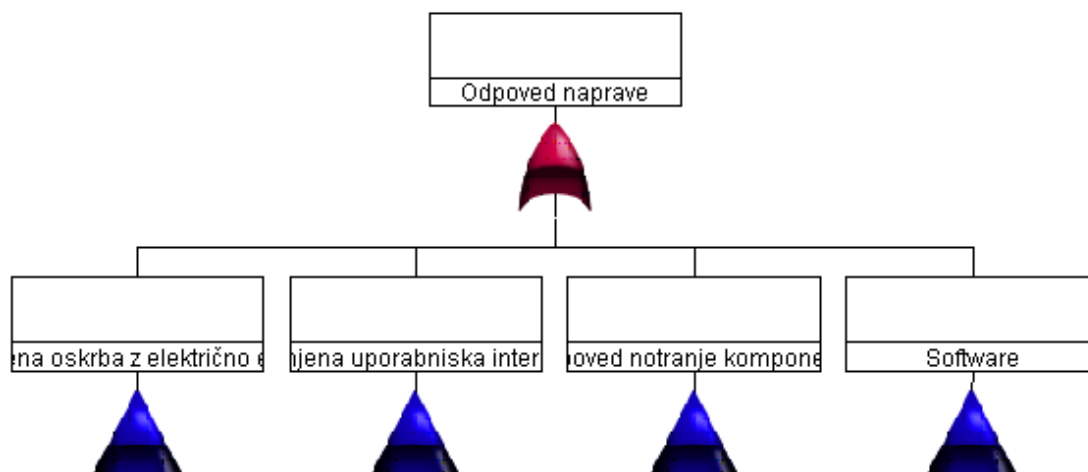
6.2 Možni načini odpovedi in opredelitev njihovih vzrokov

Sistem Popcorn Hour C-200 je sestavljen iz strojne in programske opreme. Podroben opis sistema, število komponent in aplikacij si lahko bralec pogleda v ostalih poglavjih. Namen tega poglavja je izvedba zgoraj opisanih korakov. Najprej bomo gradili osnovno drevo, nato pa bomo sproti odkrili vzroke odpovedi komponent in ostalih razčlenjenih funkcijskih poddreves, določili verjetnosti osnovnih vzrokov in končno izračunali rezultat verjetnosti odpovedi sistema. Pri računanju končnega rezultata in določanju osnovnih verjetnosti si bomo pomagali z orodjem Relex™. Zaradi preglednosti bomo tukaj spoje med poddrevesi in glavnim drevesom izpustili. Namen tega dela ni toliko v tem, da odkrijemo vse možne specifične odpovedi komponent, ampak da predstavimo globalne in najbolj verjetne vzroke odpovedi komponent oziroma naprave. Pri elektronskih komponentah ne bomo direktno raziskovali napake v arhitekturi, temveč robne pogoje delovanja same naprave.

6.2.1 Osnovno drevo

Osnovna delitev odpovedi glede na klasifikacijo vzrokov je prikazana na sliki 6.2-1. V korenu drevesa smo postavili odpoved celotnega sistema. Za sistem PopCorn Hour C-200 smo odkrili, da odpove v primeru da:

- prekinemo oskrbo z električno energijo
- uporabnik ne more upravljati z napravo (prekinjena je uporabniška interakcija)
- odpove ena izmed notranjih komponent
- odpove programska oprema

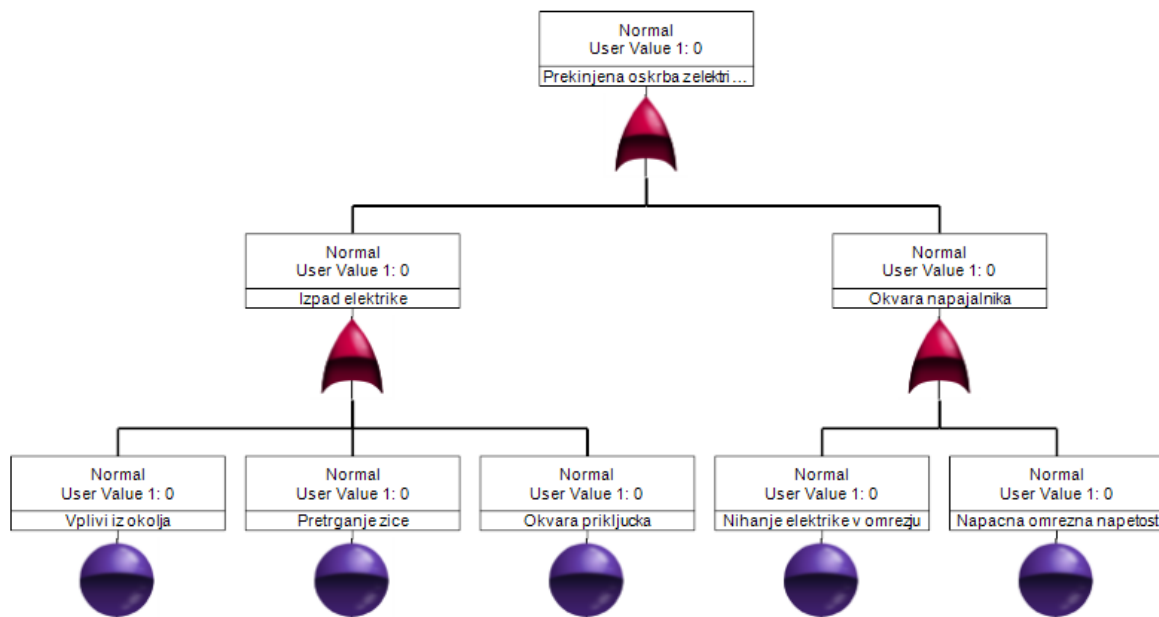


Slika 6.2-1 Osnovno drevo odpovedi

6.2.2 Prekinjena oskrba z električno energijo

Naprava odpove v primeru, ko pride do problemov z oskrbo z električno energijo. Razloge za to lahko razčlenimo na odpoved napajalnika ali izpad električne energije. Napajalnik odpove v primeru prevelikega nihanja toka in napetosti (npr. udar strele) oziroma isti problem nastane, če je omrežna napetost previsoka (npr. različne osnovne napetosti v državnih električnih omrežjih). Osnovna vzroka

se ne izključujeta in niti kompenzirata med sabo. Če pride do enega izmed teh vzrokov, odpove celotna veja drevesa. Zato so vrata, ki jih združita tipa OR. Izpad elektrike lahko povzročita pretrganje žice in okvara priključka za napajanje. Poleg tega predstavlja problem izpad elektrike iz omrežja. Zadnji dogodek smo predstavili kot zunanji vpliv oziroma vpliv iz okolja. Za te osnovne vzroke je določanje verjetnosti dogodkov zelo zahtevno. Za natančno določanje bi bilo potrebno imeti na razpolago podatke o okolju uporabe naprave, podatke o električnem omrežju, podatke o dotedanjih odpovedih lokalnega omrežja itd.



Slika 6.2-2 Poddrevo odpovedi (odpoved elektrike)

6.2.3 Prekinjena uporabnikova interakcija

Naprava je neuporabna kadar uporabnik nima kontrole nad delovanjem. Za upravljanje imamo daljinec in tipke na sami napravi. V trenutku, ko zaženemo napravo in uporabljamo daljinec, se tipke na napravi "izklopijo" in obratno. Tipk na napravi in daljincu ne moremo uporabljati hkrati. Zaradi te lastnosti je iz vidika odpovedovanja prisotna posebna oblika redundance (cold stand-by) za vhodne naprave oz. krmilnike. Vhode in vmesnike v napravo (daljinec in tipke na napravo) združimo skupaj z AND vrati. Razlog prisotnosti take redundance nam ni povsem jasen. Zelo verjetno je to način odpravljanja napak iz stališča sinhronizacije vhodnih signalov. Tipke na napravi pa imajo še en slabo lastnost, oddaljenost med tipkami je zelo majhna. Ob pritisku na krožni gumb na napravi, se pritisk neenakomerno porazdeli tudi na ostale gumbe in z veliko verjetnostjo delno pritisnemo tudi ostale.

Trenutno stanje naprave in programske opreme pa nam prikazuje moder LCD. Ta nam prikazuje trenutni način delovanja, predvavalno shemo in stanje grafike in zvoka.

Za popolno delovanje naprave je daljinec bolj učinkovit kot gumbi na napravo, saj je na sami napravi prisotnih le nekaj tipk, v primerjavi z več 50 tipkami, ki jih vsebuje daljinec. Okvare vhodnih vmesnikov torej lahko razdelimo na okvaro daljinca in okvaro tipk na napravi.

6.2.3.1 Okvara daljinca

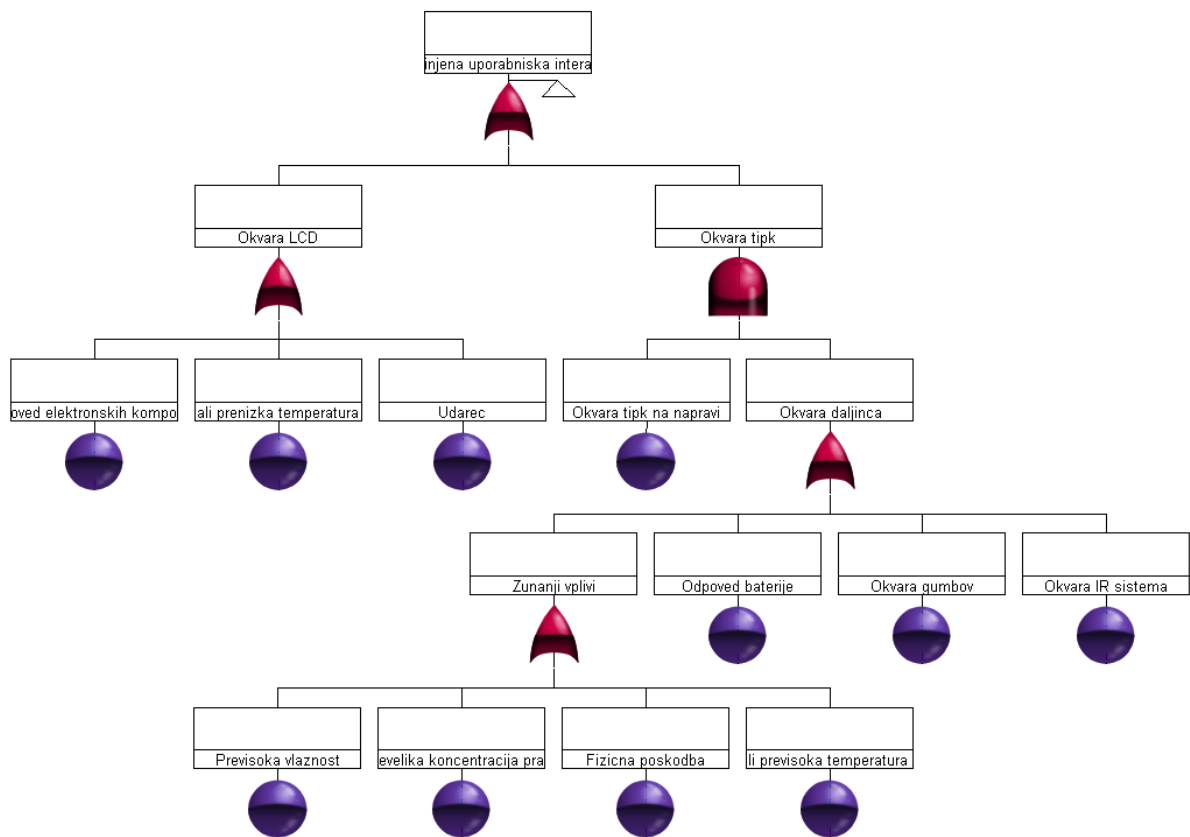
Daljinec predstavlja glavni vmesnik za komunikacijo med človekom in napravo. Vzroki za njegovo odpoved so lahko:

- odpoved baterije
- okvara gumbov
- okvara IR komunikacije
- neželjeni vplivi iz okolja
- previsoka ali prenizka temperatura (temperatura izven območja delovanja komponent oziroma same naprave)
- previsoka vlažnost (vlažno okolje pospeši oksidacijo kontaktov)
- prevelika koncentracija prahu
- fizične poškodbe (udarci)

Daljinec je kot ročni vmesnik zelo podvržen fizičnih poškodb. Največja verjetnost poškodbe oziroma okvare daljinca predstavlja prav fizična poškodba. Določitev verjetnosti takih ali drugačnih dogodkov zahteva obširen študij področja uporabe. Okvara daljinca predstavlja tudi odpoved IR komunikacije z napravo. Do tega lahko pride v primeru, ko se LED za IR na daljincu preveč pregreva ali pokvari zaradi fizične poškodbe.

6.2.3.2 Okvara tipk na napravi

Vzrok za okvaro tipk je deformacije notranje vzmeti ali pa oksidacija kontaktov. Težavo povzroča tudi prevelika koncentracija prahu. Kot že prej omenjeno, se ob pritisku nekaterih gumbov, aktivirajo tudi nekateri sosedni gumbi. To povzroča nepravilno izbiro in posledično tudi nepravilno oziroma nezaželeno delovanje naprave.



Slika 6.2-3 Poddrevo odpovedi (prekinjena uporabniška interakcija)

6.2.3.3 Okvara LCD zaslona

Zaslon služi kot prikazovalnik kontrolnih ukazov in stanja naprave. Pravzaprav ima LCD zaslon sekundarno vlogo. Če le ta odpove ima uporabnik lahko še vedno možnost interakcije z napravo s pomočjo televizijskega zaslona (ali monitorja), saj ima programska oprema za kontrolo in grafične vmesnike na glavnem zaslonu najpomembnejši izhod. LCD pa nam nudi le neposreden prikaz stanja predvajalnika. Ko ta odpove, žal ne poznamo direktne posledice. Ta lahko odpove zaradi:

- fizične poškodbe (udarec)
- prenizke ali previsoke temperature
- odpoved elektronskih komponent (npr. krmilnik)

6.2.4 Odpoved notranje komponente

Naprava PopCorn Hour C-200 je, kot že omenjeno v prejšnjih poglavjih, sestavljena iz bogate strojne opreme (popoln računalniški sistem). Ta pa je sestavljena iz velikega števila funkcijsko manjših komponent oziroma podsistemov:

6.2.4.1 Procesor

Procesno enoto predstavlja Sigma Designs SMP8643, 667MHz CPU s FPU koprocesorjem. Delovanje te komponente je ključno za napravo. Procesor je zelo občutljiv na pregrevanje, do katerega lahko pride zaradi nepravilne uporabe (npr. preprečimo prost pretok zraka okrog in skozi napravo).

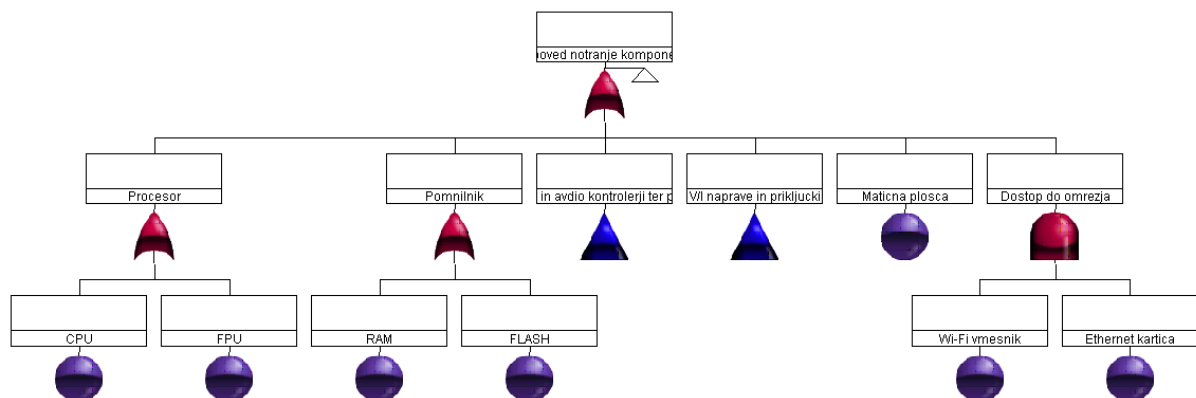
Podnožje procesorja nima svojega ventilatorja, tako da postane pregrevanje procesne enote po dolgotrajni uporabi naprave velik problem.

6.2.4.2 Pomnilnik

Obvezna komponenta za delovanje je tudi pomnilnik. Popcorn Hour C-200 ima dve pomnilniški enoti 512MB DDR2 in 256MB NAND Flash pomnilnika. Pomnilnik lahko odpove zaradi starosti ali ekstremnih razmer delovanja. Flash pomnilnik je občutljiv na preveliko število pisanj. Običajno je to število omejeno na nekaj sto tisoč pisanj, vendar v obdobju uporabe (v življenjskem ciklu naprave), to ne predstavlja večjega problema, saj je tako veliko število pisanj oziroma brisanj zelo težko doseči.

6.2.4.3 Matična plošča

Vse komponente so pritrjene na osnovno ploščo, zato je delovanje le-te nujno. Običajno so razlogi za odpoved starost, previsoke temperature, previsoka vlažnost. Možne so tudi fizične poškodbe, do katerih pride zelo hitro, če nismo dovolj pazljivi. Vse komponente v napravi, vključno z LCD zaslonom (izključene so pri tem dodatne komponente kot sta disk in BR-ROM čitalec) so napajane preko matične plošče. Hujša okvara le te povzroča odpoved vseh na njo z napajalno linijo pritrjenih komponent. V vsakem primeru, pa odpoved matične plošče onemogoča katerokoli delovanje naprave (neposredna odpoved celotne veje drevesa).



Slika 6.2-4 Poddrevo odpovedi (odpoved notranje komponente)

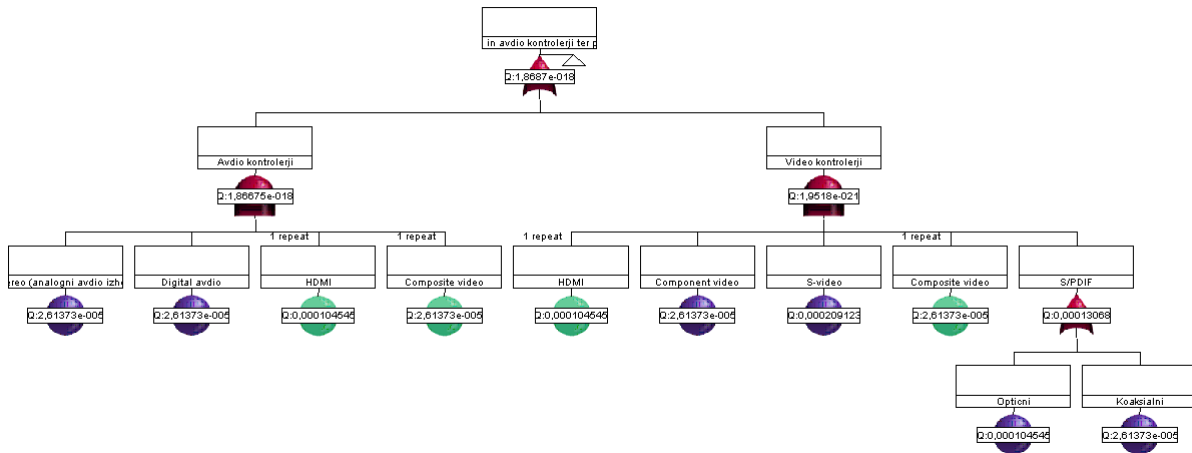
6.2.4.4 Avdio in video krmilniki ter priključki

Naprava ima zelo širok nabor avdio in video priključkov. Nanjo se lahko povežemo preko:

- HDMI
- component video
- S-video
- composite video
- stereo analog audio
- digital audio
- S/PDIF Optical and Coaxial
- digital audio

Vsi priključki so občutljivi na fizične poškodbe. Če odpove samo eden izmed njih, še ne pomeni, da je naprava neuporabna, saj se je možno priključiti tudi preko drugih priključkov.

V naši analizi to pomeni uporaba AND vrat (redundanca, glej sliko 6.2-5). Večina krmilnikov audio in video vmesnikov leži na matični plošči takoj za priključki.



Slika 6.2-5 Poddrevo odpovedi (Okvara avdio in video priključkov)

V listih drevesa lahko opazimo vrednost verjetnosti dogodkov osnovnih vzrokov. Intenzivnosti odpovedovanja smo dobili iz analize strojne opreme po MIL standardu. Časovno obdobje testiranja smo omejili na 5 let oziroma 43800 ur, kar je pričakovana življenjska doba take naprave. Rezultati kažejo, da je frekvenca odpovedi naprave po 5-ih letih v rangu ene odpovedi na 10^{16} . Tako majhna frekvenca odpovedi dobimo, ker so v splošnem priključki težko uničljivi ob normalni uporabi, kar je predpostavka standarda MIL.

6.2.4.5 V/I naprave in priključki

- **USB**

USB nam omogoča nalaganje podatkov na disk. Naprava ima 4 take priključke. Razlog za odpoved je lahko fizična poškodba ali pa odpoved krmilnika.

- **IR**

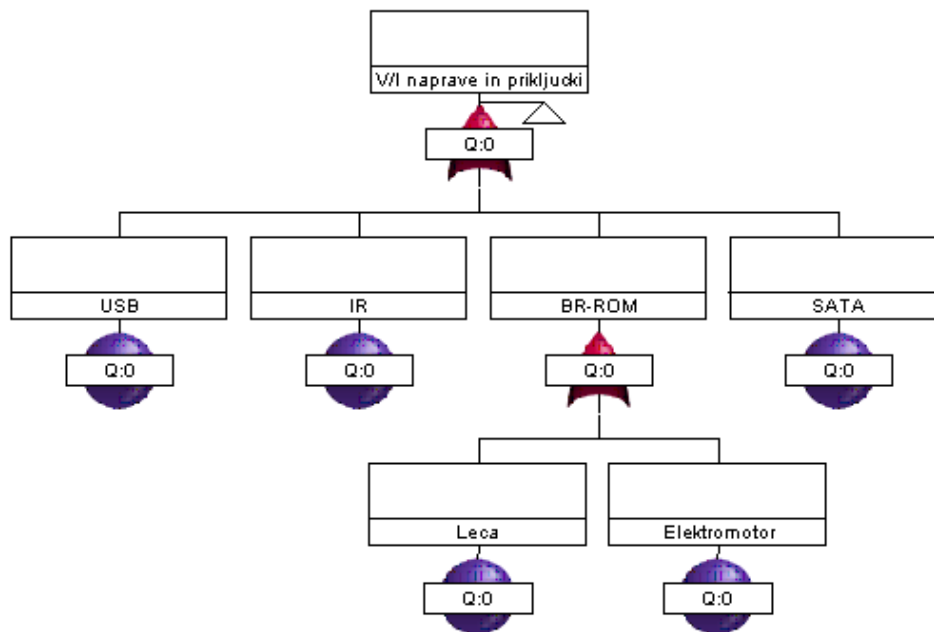
IR vmesnik nam omogoča komunikacijo med daljincem in napravo. Je potreben za nemoteno delovanje naprave oziroma za nemoteno interakcijo med napravo in človekom. V primeru odpovedi so funkcije dostopne tudi preko tipkovnice na ohišju.

- **SATA**

Naprava ima dva SATA priključka. Naprava v osnovni izvedbi nima magnetnega diska. V primeru, da je prisoten, lahko SATA krmilnik odpove zaradi fizičnih poškodb priključka na disku ali pa na matični plošči.

- **BR-ROM**

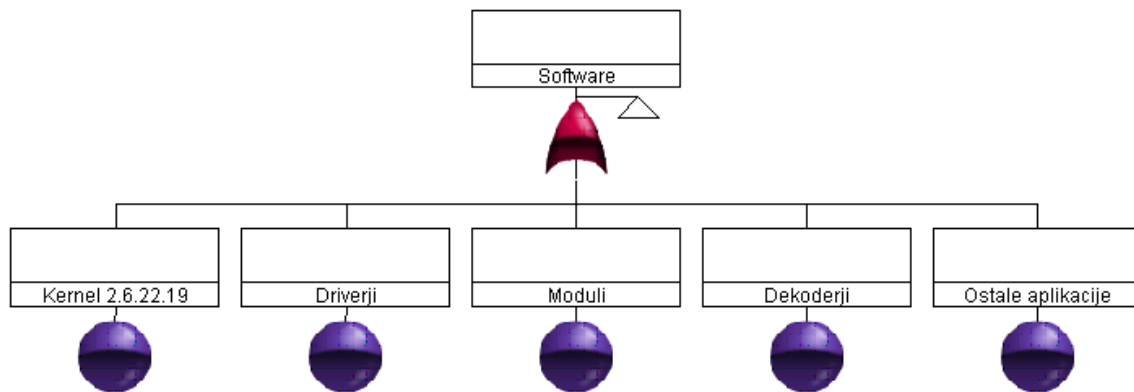
Omogoča nam nalaganje podatkov na disk ali pa predvajanje posnetkov neposredno iz njega. Najpogostejši okvari sta odpoved elektromotorja ali pa okvara laserja (npr. poškodba leč). Tudi BR-ROM v osnovni izvedbi naprave ni prisoten, možno pa ga je dokupiti.



Slika 6.2-6 Poddrevo odpovedi (okvara V/I naprav in proključkov)

6.2.5 Odpoved programske opreme

Programska oprema naprave vsebuje osnovo jedra operacijskega sistema Linux (kernel-2.6). Ta omogoča pravilno delovanje in usklajevanje komponent. Poleg tega so prisotni še gonilniki komponent, ki omogočajo pravilno in uspešno uporabo komponent s strani uporabnika. Osnova za multimedijske aplikacije so moduli in dekodirji. V programski opremi so prisotne še druge aplikacije (npr. predvajalniki, knjižnice, itd). Napake v programski opremi lahko povzročijo odpoved določene aplikacije oziroma gonilnikov, kar ima za posledico nepravilno oziroma prekinjeno delovanje določene komponente ali uporabniškega vmesnika. Lahko povemo, da je programska oprema osrčje naprave PopCorn Hour. Verjetnosti odpovedi osnovnih vzrokov zelo težko določimo. Več o tem lahko si bralec pogleda v poglavju o analizi programske opreme. Za našo FTA analizo zadostuje, da verjetnosti izberemo naključno, toda po določeni shemi, ki naj upošteva verjetnosti napake v programski kodi in napake prevajalnikov. Seveda se te verjetnosti lahko med seboj zelo razlikujejo.



Slika 6.2-7 Poddrevo odpovedi (odpoved programske opreme)

6.3 Zaključek

Čeprav smo za večino dreves odkrili le osnovne dogodke odpovedi naprave in določili, večinoma po lastni izkušnji, verjetnosti odpovedovanja, smo dobili dokaj zanimive končne rezultate. Bralcu svetujemo, naj primerja dobljene rezultate s kakšno drugo analizo, recimo FMEA. Spomnimo se, da je potrebno te rezultate jemati z dovolj veliko kritičnostjo, kajti rezultate smo dobili izključno iz lastnih izkušenj. Empirična komponenta je v našem primeru igrala osrednjo vlogo v analizi naprave PopCorn Hour.

V splošnem je FTA analiza podvržena subjektivnim interpretacijam. Analiza ne predvideva iskanje podrobnih načinov odpovedi, kot so recimo napake v arhitekturi ali napačne izbire komponent za snovanje električnih veziji in podobno (čeprav to nekateri standardi toplo priporočajo). FTA je zelo uspešna pri odkrivanju večkratnih odpovedi. Manj uspešna pa je pri odkrivanju vseh osnovnih napak. V našem primeru smo metodi vključili tudi zunanje vplive na napravo, ki so lahko vzrok za odpoved sistema. Drevesa smo skušali graditi tako, da bi vsebovala čim več redundantnih elementov. Nasplošno je to zelo težko doseči v kompleksnejših sistemih. Glavne pozitivne lastnosti FTA analize so enostavnost odkrivanja (logično snovanje) vzrokov odpovedi, enostaven pregled čez vse možne funkcionalne in strojne odpovedi, ter modularnost strukture odpovedovanja sistema.

Slabosti metodologije FTA lahko na kratko razčlenimo v treh glavnih problematikah:

- veliko število dreves
- problem subjektivnosti
- statistična odvisnost

Pri velikem številu dreves postane analiza nepregledna in časovno zelo potratna. Nikakor se ne moremo izogniti problemu subjektivnosti. Odkrivanje osnovnih vzrokov je povsem prepuščeno človekovi interpretaciji, ki pa je različna od osebe do osebe. Večkrat je enotnost interpretacije zelo težko doseči, kaj šele določitev verjetnosti osnovnih vzrokov. V večini primerov imamo pred seboj črno škatlo, za katero okolja uporabe sploh ne poznamo. Lahko samo sumimo o možnosti uporabe v določenih razmerah, šele nato pa lahko glede na našo izkušnjo, določimo primerne vrednosti za verjetnosti dogodkov. Po tem sledi statistična odvisnost podatkov, ki vpliva na račun končnih verjetnosti odpovedovanja naprave. Večkrat so osnovni dogodki medseboj pogojno odvisni. V teh primerih pa lahko modularni pristop odpove in postane FTA analiza za določitev verjetnosti odpovedovanja zelo zapletena metodologija. Podobne težave srečamo pri anamnezi in diagnostiki v medicini, kjer so lahko vzroki določene bolezni medseboj povezani ali komplementarni. V teh primerih FTA analiza odpove. V našem primeru do teh težav ni prišlo, vendar je treba poudariti, da smo analizo izvršili samo za enostavne vzroke. Bolj precizne analize pa zahtevajo dostop do podatkov, ki nam niso vedno na razpolago. Nekateri zanimive podatke smo dobili iz MIL analize, nato pa jih uspešno uporabili v orodju Relex™.

7 FMEA

FMEA analiza (failure modes and effects analysis) so postopki, ki se uporabljajo pri razvoju produktov. Namen FMEA analize je ugotoviti, katere so tiste funkcionalnosti sistema, kjer lahko pričakujemo odpovedi ali napake in kakšna je resnost le teh. Te odpovedi oz. napake se imenujejo »failure modes«, rezultati pa »failure effects«. Tipe, pogostost in resnost odpovedi ali napake določamo glede na izkušnje s preteklimi produkti, rezultat analize pa nam omogoča, da poiščemo najpogostejše okvare jih v razvojnem ciklu produkta skušamo odpraviti ali zmanjšati. Pomembno je, da zajamemo predvsem odpovedi in napake, ki vplivajo na končnega uporabnika, saj ima le tako FMEA analiza smisel.

FMEA analizo je razvila ameriška vojska konec 40ih let prejšnjega stoletja. Danes ima praktično vsaka veja industrije svojo različico FMEA analize, analiza pa se širi tudi na področje storitev, ne le izdelkov. Za uporabo FMEA analize smo uporabili orodje Relex, ki omogoča enostavno izvedbo analize in pregled končnih napak in odpovedi izdelka.

FMEA analizo smo izvedli na produktu Popcorn Hour – C200. Po začetnem pregledu izdelka smo določili možne okvare strojne opreme. Napake programske opreme nas pri analizi neposredno ne zanimajo, nas pa seveda zanima, kako nekatere napake strojne opreme vplivajo na delovanje programske opreme oz. če gledamo skozi oči končnega uporabnika, na uporabniško izkušnjo. Izdelali smo bločni diagram, za vsako možno okvaro pa določili glavne 3 parametre: »severity« oziroma resnost okvare, »occurrence« oziroma pogostost okvare in »detection« oziroma težavnost odkritja okvare. Produkt teh treh parametrov je RPN oz. Risk Priority Number, ki nam določa področja, kjer je pametno izboljšati nek produkt. Naslednji korak po izvedbi FMEA analize bi bil izboljšava izdelka glede na ugotovitve analize in odpravljanje slabosti produkta, kar pa nas v našem primeru ne zanima.

7.1 Potek FMEA analize

7.1.1 Resnost okvare (Severity - S)

Pri FMEA analizi je potrebno vsaki možni okvari določiti oceno resnosti, ki jo določimo glede na lestvico, ki vsebuje 10 stopenj. Rezultatu okvare določimo vrednosti od 1 do 10, pri čemer pomeni vrednost 1, da okvara nima vpliva na delovanje sistema ali pa je ta vpliv zelo majhen, ter vrednosti 9 in 10, da je ogrožena varnost tako sistema kot uporabnika, kar ima za posledico trajno odpoved sistema.

| Resnost okvare | Vpliv okvare na delovanje |
|----------------|--|
| 1 | Ni vpliva |
| 2 | Izguba funkcionalnosti ali izgleda, ki jih povprečen uporabnik ne opazi in ne zamenja izdelka |
| 3 | Izguba funkcionalnosti ali izgleda, ki jih povprečen uporabnik ne opazi in ne zamenja izdelka |
| 4 | Izguba funkcionalnosti ali izgleda, ki jih povprečen uporabnik opazi in zamenja izdelek |
| 5 | Napačno delovanje sekundarne funkcije, izdelek še vedno nudi večino funkcionalnosti, izdelku so se poslabšale performančne lastnosti |
| 6 | Odpoved sekundarne funkcije, izdelek še vedno nudi večino funkcionalnosti, izdelku so se poslabšale performančne lastnosti |
| 7 | Napačno delovanje primarne funkcije, izdelek deluje ampak so performančne lastnosti zelo zmanjšane |
| 8 | Odpoved primarne funkcije, izdelek ne deluje več |
| 9 | Ogrožena je varnost ali odpoved sistema z opozorilom |
| 10 | Ogrožena je varnost ali odpoved sistema brez opozorila |

Tabela 7.1-1 Lestvica resnosti okvare in vplivov

7.1.2 Pogostost okvare (Occurrence - O)

Določiti je potrebno vzroke možnih okvar in kako pogosto se pojavijo. Za oceno pogostosti vzamemo vrednost iz lestvice od 1 do 10, kjer 1 pomeni, da je zelo majhna verjetnost odpovedi, in 10, da je verjetnost odpovedi zelo velika. Na tem mestu je potrebno poudariti, da v industriji obstajajo različna števila pojavitev, torej lestvica ni tako samoumevna kot pri drugih dveh parametrih. Ker podjetja

pogosto navajajo pogostost okvar v procentih, je potrebno pred interpretacijo rezultatov analize in primerjavo z drugimi analizami to ustrezno upoštevati.

| Pogostost | Število pojavitev |
|-----------|-------------------|
| 1 | 1 izmed 1500000 |
| 2 | 1 izmed 150000 |
| 3 | 1 izmed 15000 |
| 4 | 1 izmed 2000 |
| 5 | 1 izmed 400 |
| 6 | 1 izmed 80 |
| 7 | 1 izmed 20 |
| 8 | 1 izmed 8 |
| 9 | 1 izmed 3 |
| 10 | 1 izmed 2 |

Tabela 7.1-2 Lestvica pogostosti okvare in število pojavitev

7.1.3 Težavnost odkritja okvare (Detection - D)

Oceno odkritja zaznavanja okvar določimo glede na verjetnost, da bo vzrok odpovedi možno zaznati, preden bo uporabnik opazil okvaro. Tudi to oceno določimo na lestvici od 1 do 10, kjer 1 pomeni, da vzrok okvare vedno zaznamo, in 10, da je vzrok praktično nemogoče zaznati.

| Težavnost odkritja okvare | Verjetnost odkritja vzroka za okvaro |
|---------------------------|---|
| 1 | Napako vedno odkrijemo |
| 2 | Zelo visoka verjetnost odkritja napake |
| 3 | Visoka verjetnost odkritja napake |
| 4 | Srednje visoka verjetnost odkritja napake |
| 5 | Srednja verjetnost odkritja napake |
| 6 | Nizka verjetnost odkritja napake |
| 7 | Zelo nizka verjetnost odkritja napake |
| 8 | Neverjetno, da odkrijemo napako |
| 9 | Zelo neverjetno, da odkrijemo napako |

| | |
|----|---|
| 10 | Skoraj nična verjetnost odkritja napake |
|----|---|

Tabela 7.1-3 Lestvica težavnosti odkritja okvare in verjetnosti odkritja vzroka

7.2 Priprava analize

Orodje Relex omogoča 3 tipe FMEA analize in sicer komponentno, funkcijsko in procesno analizo. Komponentna analiza je namenjena analiziranju posameznih komponent sistemov oziroma zaključenih modulov, s katerimi ponavadi pride končni uporabnik v stik, funkcijska pa vzame sistem s pogleda funkcionalnosti, ki jo zazna končni uporabnik. Analizi sta precej podobni, saj je ponavadi neka komponenta načrtovana za neko funkcionalnost. Za seminarsko nalogo smo izvedli samo komponento in funkcijsko analizo, saj je procesna analiza namenjena samemu načrtovanju produkta in določanju tipov napak kot so slabi stiki na vezju in podobno. Takšna analiza za nas ni smiselna, ker ne poznamo vseh komponent in postopkov izdelave. Glavna uporaba procesne FMEA analize je pri samem razvoju produkta, mi pa analiziramo produkt, ki je na tržišču že več mesecev. Za potrebe komponentne in funkcijske analize smo izdelali drevesi komponent in funkcij naprave Popcorn Hour-C200. Ugotovili smo, da se drevesi v precejšnji meri prekrivata. Pri izvedbi funkcijske analize smo obravnavali večje zaključene sklope sistema, podobne komponentne sklope pa obravnavali skupno, celoten sistem pa smo razdelili na 3 logično zaključene enote: pilot, ohišje sistema in strojna oprema. Tako smo načrtovali 2 drevesi:

7.2.1 Komponentna analiza

pilot

- osvetlitev pilota
- gumb za vklop
- navigacijski gumb
- številčnica
- gumb za potrditev
- gumb za vrnitev
- gumb za meni
- dodatni funkcijski gumbi
- baterija
- RF oddajnik

ohišje

- priključki
 - 4x zunanji USB priključki
 - 1x notranji USB priključek
 - 2x SATA priljučka
 - HDMI
 - Component Video
 - S-Video
 - Composite Video
 - Stereo Analog Audio
 - S/PDIF Optical and Coaxial Digital Audio
 - Ethernet
- LCD prikazovalnik
- 3'5" HD (Hard Disk) reža

- gumb za vklop
- navigacijski gumb
- 2x special function button

strojna oprema

- IR control port
- RF control port
- 512MB DDR2 DRAM
- 256MB NAND Flash
- CPU
- miniPCI reža
- napajalnik
- matična plošča

7.2.2 Funkcijska analiza

pilot

- odpoved navigacijskega gumba
- odpoved gumba za vklop
- odpoved gumbov za potrditev, vrnitev, meni
- odpoved ostalih gumbov
- odpoved baterije
- odpoved RF oddajnika
- odpoved LED diode

ohišje

- odpoved priključka
- odpoved LCD prikazovalnika
- poškodba HD reže
- odpoved tipke za vklop
- odpoved navigacijske tipke

strojna oprema

- odpoved pomnilnika
- odpoved napajalnika
- odpoved miniPCI reže
- odpoved katerekoli druge električne komponente

7.3 FMEA analize naprave Popcorn Hour – C200

FMEA1 predstavlja komponentno analizo, FMEA2 pa funkcijsko.



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: System
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA2
Page 1 **of** 3
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|--|--|--|----------|-----------|-----------|---|----------|
| Pilot Oddaljeno krmiljenje naprave | odpoved ostalih gumbov | onemogočena je uporaba posebnih funkcij, ki so odvisne od teh gumbov | 4 | 1 | 3 | Fizična poškodba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | Odpoved vezja | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | Obraba gumba | 12 |
| | odpoved baterije | pilot ne deluje | 10 | 5 | 3 | poškodovani kontakti | 150 |
| | | | 10 | 5 | 3 | prazna baterija | 150 |
| Strojna oprema Samo delovanje sistema | odpoved FLASH pomnilnika | operacijski sistem se ne naloži | 10 | 1 | 10 | odpoved čipa | 100 |
| Pilot Oddaljeno krmiljenje naprave | odpoved gumbov za potrditev, vrnitev, meni | onemogočeno je spreminjanje nastavitev v menjijih | 4 | 3 | 3 | Fizična poškodba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | Odpoved vezja | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | Obraba gumba | 36 |
| Ohišje Zaščita sistema in vmesnik za komunikacijo | odpoved LCD prikazovalnika | onemogočeno navigacija po menjijih brez priklopljenega tvja | 1 | 4 | 1 | odpoved krmilnega vezja | 4 |
| | | | 1 | 69 4 | 1 | fizična poškodba LCD prikazovalnika | 4 |
| | | | 1 | 4 | 1 | okvara prikazovalnika | 4 |



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: System
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA2
Page 2 of 3
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|--|----------------------------|--|----------|-----------|-----------|---|----------|
| Pilot Oddaljeno krmiljenje naprave | odpoved LED diode | tipke na pilotu so neosvetljene | 1 | 1 | 1 | Okvara diod | 1 |
| | | | 1 | 1 | 1 | Prekinitev napajanja | 1 |
| Strojna oprema Samo delovanje sistema | odpoved miniPCI reže | razširitveni modul ne deluje | 3 | 5 | 5 | fizična poškodba reže | 75 |
| | | | 3 | 5 | 5 | odpoved vezja | 75 |
| | odpoved napajalnika | komponente sistema ne delujejo zaradi prekinjenega napajanja | 10 | 5 | 3 | previsoka napetost | 150 |
| | | | 10 | 5 | 3 | odpoved vezja | 150 |
| Pilot Oddaljeno krmiljenje naprave | odpoved navigacijske tipke | navigacija pa menijih s pilotom ni možna | 4 | 3 | 3 | Obraba gumba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | Odpoved vezja | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | Fizična poškodba | 36 |
| Ohišje Zaščita sistema in vmesnik za komunikacijo | | onemogočena navigacija | 4 | 1 | 3 | Obraba gumba | 12 |
| | | | 4 | 70 1 | 3 | Fizična poškodba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | Odpoved vezja | 12 |



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: System

Design Responsibility:

Key Date:

Core Team:

FMEA Number: FMEA2

Page 3 of 3

Prepared By:

FMEA Date (Orig.)

(Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|--|---------------------------------------|---|----------|-----------|-----------|---|----------|
| Strojna oprema Samo delovanje sistema | odpoved ostalih električnih komponent | odpoved katerekoli ključne komponente (CPU, RAM, matična) | 10 | 5 | 9 | odpoved komponente | 450 |
| Ohišje Zaščita sistema in vmesnik za komunikacijo | odpoved priključka | uporaba priključka je onemogočena | 4 | 5 | 6 | fizična poškodba kontanktov | 120 |
| | | | 4 | 5 | 6 | odpoved krmilnika priključka | 120 |
| Pilot Oddaljeno krmiljenje naprave | odpoved RF oddajnika | pilot ne posreduje ukazov napravi | 10 | 1 | 7 | odpoved vezja | 70 |
| | odpoved tipke za vklop | onemogočen vklop sistema s pilotom | 4 | 3 | 3 | Fizična poškodba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | Odpoved vezja | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | Obraba gumba | 36 |
| Ohišje Zaščita sistema in vmesnik za komunikacijo | | onemogočen vklop naprave | 4 | 1 | 3 | Obraba gumba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | Odpoved vezja | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | Fizična poškodba | 12 |
| | poškodba HD reže | onemogočen priklop internega diska | 7 | 71 5 | 3 | fizična poškodba reže | 105 |
| | | | 7 | 5 | 3 | fizična poškodba priključka za interni disk | 105 |



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: pilot

Design Responsibility:

Key Date:

Core Team:

FMEA Number: FMEA1

Page 1 of 9

Prepared By:

FMEA Date (Orig.)

(Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|---|----------------------------|--|----------|-----------|-----------|---|----------|
| gumb za potrditev potrditev izbire v menijih | odpoved gumba za potrditev | onemogočeno potrjevanje izbire v menijih s pilotom | 4 | 3 | 3 | fizična poškodba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | obraba gumba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | odpoved vezja | 36 |
| RF oddajnik komunikacija med pilotom in napravo | odpoved RF oddajnika | onemogočeno daljinsko upravljanje naprave | 10 | 1 | 7 | odpoved krmilnika | 70 |
| baterija napajanje pilota | odpoved baterij | | 10 | 5 | 3 | poškodovani kontakti | 150 |
| | | | 10 | 5 | 3 | prazna baterija | 150 |
| dodatni funkcijski gumbi uporaba dodatnih funkcij v menijih | odpoved funkcijskega gumba | onemogočena uporaba dodatnih funkcij v menijih | 4 | 1 | 3 | odpoved vezja | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | fizična poškodba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | obraba gumba | 12 |
| gumb za meni priklic menija | odpoved gumba za meni | onemogočen vstop v meni | 4 | 3 | 3 | obraba gumba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | fizična poškodba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | odpoved vezja | 36 |



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: pilot
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA1
Page 2 of 9
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|--|--------------------------|---|----------|-----------|-----------|---|----------|
| gumb za vrnitev vrnitev na prejšnji nivo v meniju | odpoved gumba za vrnitev | onemogočanje vračanje na nižji nivo v menijih | 4 | 3 | 3 | odpoved vezja | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | fizična poškodba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | obraba gumba | 36 |
| gumb za vklop vklop naprave | odpoved gumba za vklop | onemogočen vklop naprave s pilotom | 4 | 3 | 3 | obraba gumba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | odpoved vezja | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | fizična poškodba | 36 |
| navigacijski gumb navigacija po menijih | odpoved navigacije | onemogočena navigacija s pilotom | 4 | 3 | 3 | odpoved vezja | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | fizična poškodba | 36 |
| | | | 4 | 3 | 3 | obraba gumba | 36 |
| osvetlitev pilota osvetlitev tipk na pilotu | odpoved osvetlitve tipk | tipke pilota niso osvetljene | 1 | 1 | 1 | odpoved led diod | 1 |
| | | | 1 | 1 | 1 | odpoved vezja | 1 |
| številčnica prestavljanje programov, vnos črk | odpoved tipk številčnice | onemogočeno preklapljanje programov in vnos črk | 4 | 73 1 | 3 | odpoved vezja | 12 |



POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)

Item: pilot
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA1
Page 3 of 9
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|-----------------|------------------------|--------------------------------|----------|-----------|-----------|---|----------|
| | | | 4 | 1 | 3 | fizična poškodba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | obraba gumba | 12 |
| | | | | 74 | | | |



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: ohišje
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA1
Page 4 **of** 9
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|---|------------------------------|--|----------|-----------|-----------|---|----------|
| 2x posebni funkcijski gumb dodatne funkcije naprave | odpoved funkcijskih gumbov | onemogočena uporaba posebnih funkcij | 4 | 1 | 3 | fizična poškodba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | obraba gumba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | odpoved vezja | 12 |
| gumb za vklop vklop naprave | odpoved gumba za vklop | onemogočen vklop naprave | 4 | 1 | 3 | fizična poškodba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | obraba gumba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | odpoved vezja | 12 |
| navigacijski gumb navigacija po menijih | odpoved navigacijskega gumba | onemogočena navigacija | 4 | 1 | 3 | fizična poškodba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | obraba gumba | 12 |
| | | | 4 | 1 | 3 | odpoved vezja | 12 |
| LCD display Prikaz menijev in informacij o napravi | odpoved prikazovalnika | onemogočeno prikazovanje na prikazovalniku | 1 | 4 | 1 | odpoved krmilnega vezja | 4 |
| | | | 1 | 4 | 1 | fizična poškodba prikazovalnika | 4 |
| | | | 1 | 4 | 1 | okvara prikazovalnika | 4 |
| | | | | 75 | | | |
| 3,5" HD reža Prikop notranjega diska | okvara HD reže | onemogočen priklop notranjega diska | 7 | 5 | 3 | fizična poškodba reže | 105 |



POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)

Item: ohišje
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA1
Page 5 of 9
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|-----------------|------------------------|--------------------------------|----------|-----------|-----------|---|----------|
| | | | 7 | 5 | 3 | fizična poškodba priključka za interni disk | 105 |
| | | | | 76 | | | |



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: priključki
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA1
Page 6 **of** 9
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|---|------------------------------|---|----------|-----------|-----------|---|----------|
| 1x internal USB priključki priključki USB naprav | odpoved USB priključka | otežen priključek USB naprav | 4 | 1 | 10 | fizična poškodba priključka | 40 |
| | | | 4 | 1 | 10 | odpoved krmilnika | 40 |
| composite video prenos slike na tv | odpoved video priključka | onemogočen priključek tvja | 4 | 2 | 5 | fizična poškodba priključka | 40 |
| | | | 4 | 2 | 5 | odpoved krmilnika | 40 |
| HDMI prenos slike in zvoka na tv | odpoved HDMI priključka | | 4 | 6 | 5 | fizična poškodba priključka | 120 |
| | | | 4 | 6 | 5 | odpoved krmilnika | 120 |
| ethernet priključki na omrežje | odpoved omrežnega priključka | onemogočen priključek na omrežje | 4 | 5 | 5 | fizična poškodba priključka | 100 |
| | | | 4 | 5 | 5 | odpoved krmilnika | 100 |
| S/PDIF optical and coaxial digital audio prenos zvoka | odpoved priključka za zvok | onemogočen priključek predvajalnika zvoka | 4 | 3 | 5 | fizična poškodba priključka | 60 |
| | | | 4 | 3 | 5 | odpoved krmilnika | 60 |
| stereo analog audio | | | 4 | 3 | 5 | fizična poškodba priključka | 60 |
| | | | 4 | 3 | 5 | odpoved krmilnika | 60 |



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: priključki
 Design Responsibility:
 Key Date:
 Core Team:

FMEA Number: FMEA1
 Page 7 of 9
 Prepared By:
 FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------|-----------|-----------|---|----------|
| 2x SATA prikljop SATA diskov | odpoved SATA priključka | otežen prikljop SATA naprav | 4 | 2 | 5 | fizična poškodba priključka | 40 |
| | | | 4 | 2 | 5 | odpoved krmilnika | 40 |
| 4x eksternal USB prikljop USB naprav | odpoved USB priključka | otežen prikljop USB naprav | 4 | 5 | 5 | fizična poškodba priključka | 100 |
| | | | 4 | 5 | 5 | odpoved krmilnika | 100 |
| S-video prenos slike na tv | odpoved video priključka | onemogočen prikljop tvja | 4 | 2 | 5 | fizična poškodba priključka | 40 |
| | | | 4 | 2 | 5 | odpoved krmilnika | 40 |
| component video | | | 4 | 3 | 5 | fizična poškodba priključka | 60 |
| | | | 4 | 3 | 5 | odpoved krmilnika | 60 |
| | | | | 78 | | | |



**POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)**

Item: strojna oprema
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA1
Page 8 **of** 9
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. | |
|--|--------------------------------|--|----------|-----------|-----------|---|--------------------|----|
| napajalnik napajanje komponent | odpoved napajalnika | onemogočeno napajanje komponent | 10 | 5 | 3 | previsoka napetost | 150 | |
| | | | 10 | 5 | 3 | odpoved vezja | 150 | |
| CPU centralna procesna enota | odpoved CPU | onemogočeno procesiranje | 10 | 1 | 8 | odpoved CPU | 80 | |
| | | | 10 | 1 | 8 | visoka temperatura | 80 | |
| 512MB DDR2 DRAM dinamični pomnilnik | odpoved dinamičnega pomnilnika | onemogočena uporaba dinamičnega pomnilnika | 10 | 1 | 8 | odpoved čipa | 80 | |
| 256MB NAND FLASH hranjenje operacijskega sistema | odpoved FLASH čipa | onemogočen zagon sistema | 10 | 1 | 10 | odpoved čipa | 100 | |
| IR control port sprejem ukazov od IR oddajnika na pilotu | odpoved IR krmilnika | onemogočena komunikacija preko IR vmesnika | 3 | 1 | 5 | odpoved krmilnika | 15 | |
| | | | 3 | 1 | 5 | fizična poškodba | 15 | |
| matična plošča povezovanje in kontrola komponent | odpoved matične plošče | onemogočena komunikacija med komponentami | 10 | 1 | 9 | odpoved vezja | 90 | |
| | | | 10 | 79 | 1 | 9 | visoka temperatura | 90 |
| | | | 10 | 1 | 9 | 9 | previsoka napetost | 90 |



POTENTIAL
FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS
(DESIGN FMEA)

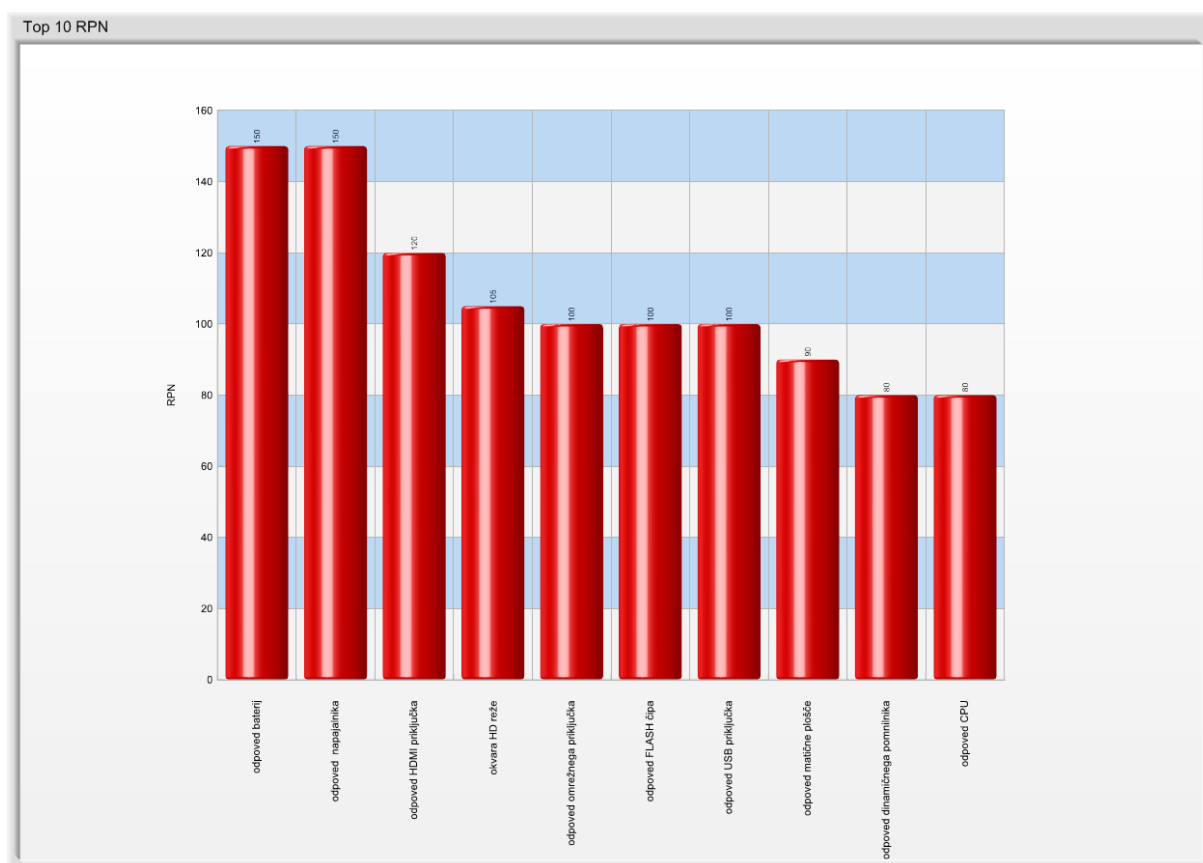
Item: strojna oprema
Design Responsibility:
Key Date:
Core Team:

FMEA Number: FMEA1
Page 9 of 9
Prepared By:
FMEA Date (Orig.) (Rev.) 27.5.2010

| Item / Function | Potential Failure Mode | Potential Effect(s) of Failure | Severity | Occurence | Detection | Potential Cause(s)/ Mechanisms of Failure | R. P. N. |
|--|------------------------|--|----------|-----------|-----------|---|----------|
| miniPCI priklop WiFi razširitvene kartice | odpoved miniPCI reže | onemogočen WiFi priklop na omrežje | 3 | 5 | 5 | odpoved krmilnika | 75 |
| | | | 3 | 5 | 5 | fizična poškodba | 75 |
| RF control port sprejem ukazov od RF oddajnika na pilotu | odpoved RF krmilnika | onemogočena komunikacija preko RF vmesnika | 3 | 1 | 5 | odpoved krmilnika | 15 |
| | | | 3 | 1 | 5 | fizična poškodba | 15 |
| | | | | 80 | | | |

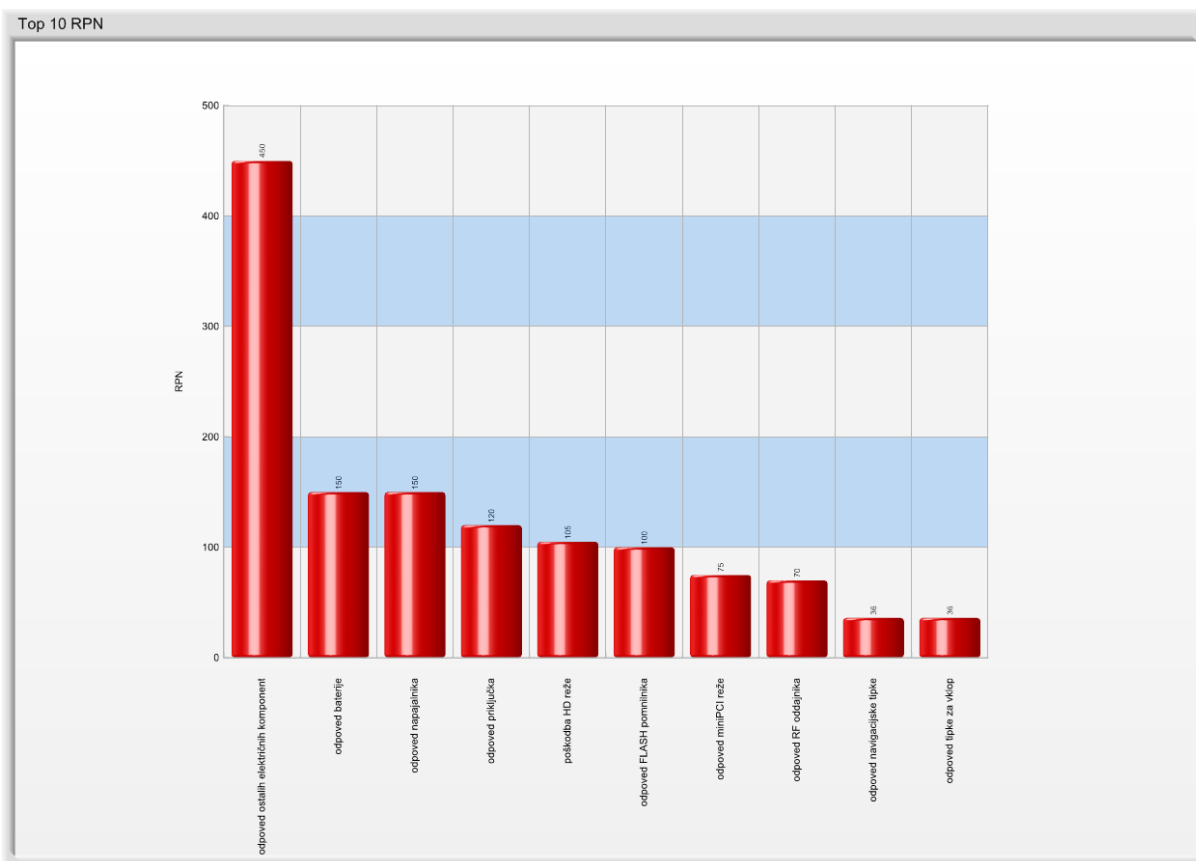
7.4 Ugotovitve FMEA analize

Pri komponentni analizi sva prišla do zaključka, da sta najbolj kritični odpovedi baterije pilota in napajalnika sistema. Na tretjem mestu je odpoved HDMI priključka, ker smatrava, da se ta priključek pri končnih uporabnikih najbolj pogosto uporablja. Ostale rizične komponente so še reža za trdi disk, USB priključek, omrežni priključek in FLASH čip. Gre predvsem za komponente, ki so najbolj izpostavljene končnemu uporabniku in posledično sklepava, da je verjetnost okvare največja.



Slika 7.4-1 Top 10 RPN komponentne analize

Pri funkcijski analizi najbolj izstopajo okvare komponent strojne opreme, kar onemogoči delovanje celotnega sistema. Na drugem in tretjem mestu sta odpovedi napajanja pilota in sistema. Pilot se napaja izključno z baterijo, kot končni uporabnik pa vemo, da je ravno baterija najbolj kritičen del pilota. Napajanje sistema sva posebej upoštevala, ker je napajalnik enostavno zamenljiv. Na četrtem mestu je odpoved kateregakoli priključka, kar uporabniku oteži uporabo sistema ali priklop dodatnih naprav.



Slika 7.4-2: Top 10 RPN funkcijske analize

FMEA analiza je močno orodje, v kolikor dobimo več različnih ocen analizirane naprave od različnih končnih uporabnikov. Če znamo analizo izvesti na podlagi testiranja naprave in izkušenj s preteklimi verzijami naprave, potem je analiza uporabna za odkrivanje šibkih točk naprave. S pomočjo števila RPN lahko določimo šibke točke sistema, jih odstranimo ali zmanjšamo in tako izboljšamo izdelek. Naša FMEA analiza je temeljila na subjektivni oceni, izkušnjami s podobnimi napravami in predhodnem enotedenskem testiranju naprave. Sicer res do okvar nismo prišli, smo pa določili funkcije in komponente sistema, ki so največkrat uporabljene in posledično najbolj obremenjene. Procesne FMEA analize nisva izvedla, saj se ta analiza uporablja pri načrtovanju naprave, za izvedbo analize pa so potrebni podatki o kvaliteti in postopkih izdelave naprave ter podatki o okvarah izdelkov predhodnih verzij analizirane naprave.

8 Viri

<http://www.markovanalysis.com/>

<http://www.relex.com/products/markov.asp?gclid=CKHr0Lisz6ECFUqU3wodtXfFIQ>

<http://www.doctornerve.org/nerve/pages/interact/markhelp.htm>

<http://lrs.fri.uni-lj.si/sl/teaching/rzd/default.asp?lc=sl>

<http://www.networkedmediatank.com/wiki/index.php/Category:Hardware>

http://www.networkedmediatank.com/wiki/index.php/Popcorn_Hour_C-200_Chipset_Details

http://www.networkedmediatank.com/wiki/index.php/C-200_Modding

<http://www.hobby-hour.com/electronics/smdcalc.php>

http://en.wikipedia.org/wiki/Halstead_complexity_measures

http://www.verifysoft.com/en_halstead_metrics.html

<http://www.aivosto.com/project/help/pm-complexity.html>