

## Struktura DOKUMENTACIJE elektricnih uređaja

### Napomene:

- Svaki rezultat (SW, HW, simulacija, analiza, eksperiment) treba da bude dokumentovan tako da prosečno obucen citalac može svaki od rezultata u razumnom roku razumeti, kao i da korišćenjem CD-arhive može u konačnom vremenu i uz razuman napor svaki rezultat reprodukovati, verifikovati, ponoviti.
- Na CD je potrebno arhivirati i alate koji nisu konvencionalni a neophodni su da se rezultat u razumnom vremenskom roku reprodukuje.
- Software: Za primer SW urađenog u C-u za PIC familiju: Neophodno je arhivirati projekat SW, sa svim priloženim datotekama neophodnim za kompilaciju. Arhivirati MPLAB razvojno okruženje, arhivirati ne-standardni i HITECH C-Compiler, dati direktna i jasna uputstva za kompilaciju, ukazati na eventualne switcheve pri kompilaciji.
- Hardver: U osnovi, potrebno je omogućiti da citalac korišćenjem CD-a bude u stanju da pročita scheme, PCB, BOM, da koristi/edituje schematic files, PCB, da bude u posedu liste komponenti koje treba nabaviti kako bi isti hardver u potpunosti reprodukovao.

1. Naziv, kratak opis i osnovna funkcija naprave.
2. Specifikacija naprave (primer – opis svih modova funkcionisanja, ulazno/izlazni parametri i osobine, opis mehaničkih/električnih i drugih kontakata – konektora, uvodnika, pričvršćivača, letvi uzemljenja ...). Specifikacija svih strukturnih i funkcionalnih osobina uređaja koji su najčešće specificirani u samom projektnom zadatku koji se izvršiocu dostavlja. Ovo uključuje i uslove smeštaja, eksploatacije, vlažnost, kondenzaciju, fluktuaciju temperature, uslova napajanja, varijacije tereta, stepen mehaničke zaštite, otpornost na vibracije, norme o elektromagnetnim smetnjama i kompatibilnosti etc. Za program/software, specifikaciju operativnog sistema, komunikacionih protokola, fault-tolerant nivo, vremenske aspekre real-time software-a i sl.
3. Idejno rešenje - opis osnovne koncepcije uređaja/naprave. Obrazloženje izbora tehnologije / tehnike / komponente / pristupa. Struktura naprave – podela na *hardware* (HW) i *software* (SW); podela HW i SW na blokove, module, podsklopove, podprograme, opis njihovog povezivanja i međusobnog funkcionisanja.
4. HARDVERSKI ASPEKTI - ELEKTRONSKI SKLOPOVI
  - 4.1 Definisane priključaka/konektora, mehanički opis konektora. Električna specifikacija vrste/karaktera signala na pojedinim izvodima–pinovima, karakteristike signala (I/O, napon, struja, vremenski aspekt).
  - 4.2 Funkcionalni opis hardvera (napajanje, sekvenca uključenja, druge sekvence, funkcije blokova...). Potpuni opis signala koji povezuju pojedine blokove.

- 4.3    Obrazloženje ključnih dizajnerskih odluka: Postupak i rezultati simulacije, elementi proračuna, izvršene probe i merenja. Upućivanje na ključnu prateću dokumentaciju (data sheet u prilogu ili indikacije gde se relevantni data sheet može naći).
- 4.4    U slučaju da takvi postoje, dati listu ključnih komadnih signala i zaštitnih mehanizama. Kod zaštita specificirati kako i gde menjati ključne vrednosti parametara koji definišu zaštitne funkcije. U slučaju aktivacije zaštite, sprovesti i dati analizu načina na koji se mogu otkloniti uzroci aktivacije kao i sekvencu sa redosledom postupaka u otklanjanju uzroka (kako ne bi doslo do neželjenih efekata u radu uređaja)
- 4.5    Pre kompletiranja šema i izrade štampe, analizirati osetljivost uređaja na promenu kvaliteta ulaznog napajanja u predviđenim granicama, kao i ponašanja za slučaj prekoračenja granica predviđenih za prihvatljivu promenu ulaznih veličina. Analizirati (ili priložiti rezultate merenja na rasutom prototipu) osetljivost uređaja na smetnje, analiza u kakvom je okruženju moguće držati uređaj sa stanovišta tipa okolnih uređaja koji se mogu ili ne mogu locirati u neposrednoj blizini uređaja (EMC- Electromagnetic compatibility)
- 4.6    Duzina veza koje se mogu dovesti i odvesti sa uređaja sa opisom tipa kablova koji se koriste i načina na koji se oni povezuju sa uređajem i vode od i do uređaja (upređanje kablova, maksimalan domet kabla za serijsku komunikaciju, itd...)
- 4.7    Električne šeme – hijerarhijski povezane sa jasnim međusobnim vezama organizovane tako da budu čitke i razumljive (sa logičnim rasporedom komponenti i blokova u okviru šeme). U šemama definisati test tačke (za proveru ispravnog rada) praćeno detaljnim uputstvom talasnih oblika koji se očekuju u nominalnom radu uređaja, uz podrobnju analizu o tome kako se na osnovu test signala može dijagnosticirati eventualni kvar na uređaju u smislu lociranja mesta greske i uputstva za njeno otklanjanje. Dati i opis mesta (potenciometar, otpornik ili kondenzator na odstojućniku, ...) i načina na koji se mogu menjati vrednosti parametara analognog podsistema uređaja ( pojačanja i propusni opsezi filtera, analognih regulatora, razna kašnjenja, dead-time tranzistorskih upaljača) uz opis situacija u kojima je potrebno izvršiti njihovu promenu, sa uputstvom o tome na kojim je test tačkama moguće pratiti uticaj promene vrednosti parametara, zajedno sa osvrtom na to kakav će uticaj imati promena pomenutih parametara na rad uređaja (sa stanovišta funkcije, osetljivosti na sum, promene strujnih/naponskih novoa etc.)
- 4.8.    Za digitalni deo uređaja, definisati test tačke na način kao pod 4.7. U slučaju potrebe za promenom nekih od komponentata u digitalnom podsistemu, definisati familiju digitalnih kola koju je neophodno koristiti ( naponski nivoi i brzina digitalnih komponentata - naprimer minimalna brzina EPROM-a koji se može koristiti ...). Definirati mogućnost povezivanja uređaja sa okruženjem: (i) debug alatke (JTAG ili neki specijalizovani hardver+softver razvijen za konkretnu platformu), sa detaljnim opisom načina povezivanja i neophodnog hardverskog i softverskog alata. Definisati situaciju u kojima je neophodno koristiti debug alatke i načina na koji se one mogu smisljeno iskoristiti u konkretnim (detaljno opisanim) dijagnostičkim situacijama; (ii) definisanje protokola za komunikaciju sa uređajem u cilju omogućavanja razvoja nadređenih upravljačkih i monitoring sistema, koji će u sebi uključivati konkretni uređaj; (iii) definisanje okruženja (ručni terminali, PC sa realizovanim definisanim serijskim protokolom) i

nacina (odredjene komande putem serijske veze, ili odredjena kombinacija pritiska tastera) na koji se mogu menjati vrednosti kljucnih parametara.

- 4.9 Lista materijala koji figurišu u električnim šemama sa potpunom specifikacijom električnih i mehaničkih osobina komponenata. Kompletni podaci potrebni za nabavku, dobavljač. Upućivanje na data sheets. U listi materijala navesti i cene u stabilnim novcanim jedinicama i izvesti ukupne troškove za nabavku materijala.
- 4.10 Dimenzije štampane ploče, PCB fajlovi, napomene o debljini bakra, metalizaciji rupa, potrebnom kvalitetu u izradi štampe. Indikacija piste sa najvećom gustinom struje, indikacija mesta na štampi sa najvećim naponskim naprezanjem, mehaničkim naprezanjem etc. Naznaciti jesu li pri projektovanju PCB i izboru komponenti i načina njihove montaže na ploču uzeti u obzir problemi udara i vibracija, ako da, tada specificirati do koje amplitude (koliko "g") i u kom opsegu učestanosti, kao i to koje su mere preduzeti da se uveća mehanička čvrstoća uređaja.
- 4.11 U slučaju da su određene faze verifikacije hardvera načinjene korišćenjem modelovanja na računaru (PSpice i slično) priložiti pripremljene fajlove za simulaciju analognih i digitalnih podsklopova uređaja.
- 4.12 Skice smeštaja kartice u predviđeni prsotor. Za slučaj više PCB modula, dokumentacija motherboard-ploče // ožičenja kartica.

## 5. HARDVERSKI ASPEKTI - ENERGETIKA

Energetska šema sa proračunatim i označenim vršnim i efektivnim vrednostima napona i struje u svim strujnim kolima. Za ključna mesta, opis spektralnog sastava ili skica talasnog oblika napona/struje. Specifikacija poluprovodničkih komponenti snage sa obrazloženjem izbora, proračunom gubitaka snage u komponenti, indikacijom na data sheet, mehaničkim i električnim osobinama komponente kao i podacima potrebnim za nabavku. Ukoliko postoji hladnjak, termički proračun. Mehanicki crtezi za montazu energetike sa dimenzijama i karakteristikama svih pozicija i delova (presek kablova, izolacija, precnici i ostale dimenzije otvora, urezanih navoja, etc.) Naznaciti jesu li pri projektovanju i određivanju načina montaže uzeti u obzir problemi udara i vibracija, ako da, tada specificirati do koje amplitude (koliko "g") i u kom opsegu učestanosti, kao i to koje su mere preduzeti da se uveća mehanička čvrstoća uređaja. U slučaju prinudnog hlađenja, termodinamički proračun. Kratak prikaz analize kritičnih prenapona, prekostruje. Lokacija delova kola koji su kritični po pitanju naponskih, strujnih i drugih napreznja (proracun efektivne struje elektrolitickih kondenzatora snage etc.). Opis koncepta zastita. Mehanizam reagovanja zastita i hijerarhija. Opic nacina na koji su zastitne funkcije realizovane na hardverskim elementima iz tacke 4.

## 6. SOFTWARE.

Programabilne komponente (GAL/PAL): Definisanje funkcije koju komponenta obavlja. Definisanje funkcija pinova (I, O, CLK, QBD ...) sa naznačenim električnim i vremenskim parametrima. Izbor komponente, ukazivanje na data sheet. Ukazivanje na program korišćen za generisanje JEDEC (ili sličnog) fajla - PAL-assembler i slično. Dokumentovani listing programa, rezultati eventualne simulacije, opis primenjenih optimizacije i opcija.

## 7. SOFTWARE.

Programabilna kola visokog stepena integracije: Opis funkcije koju komponenta (FPGA) obavlja. Lista električnih priključaka (pinova), električna specifikacija (I, O, CLK, QBD ...) sa naznačenom funkcijom i vremenskim parametrima. Ukazivanje na CAD tool (Foundation nn.nn i slično). Princip rešenja problema - osnovni pristup. Podela problema na delove i specificiranje zadataka podsklopova. Zapis algoritma u vidu blok dijagrama, dijagrama toka ili na način naročito pogodan u konkretnom slučaju. Opis ključnih unutrašnjih signala: funkcija, vremenski dijagrami. Opis lokalnih/globalnih okidnih signala (CLK) i ključnih sekvenci koje se tokom rada koriste. Dokumentovani listing programa (HDL) ili dokumentovana šema korišćena za generisanje koda. Naznake o postupku kompilacije. Detaljan opis odabranog načina za prenošenje programa u FPGA komponentu. Rezultati eventualne simulacije, opis primenjenih optimizacije i opcija.

## 8. SOFTWARE.

Asembler/C za mikrokontrolere:

### 8.1 PROGRAM

Specifikacija programa - opis osnovnih i pomoćnih funkcija koje program treba da izvršava. Rekapitulacija hardverski resursa koji su angazovani i u vezi su sa pravilnim izvršenje programa. Podela softvera na module sa opisom njihovog povezivanja (priložiti način linkovanja korisćenih modula) i međusobnog funkcionisanja. Za celokupan program dokumentovati listing svih programskih modula, kao i mape programske memorije i memorije za podatke. Uputiti na ključnu prateću dokumentaciju (data sheet u prilogu ili indikacije gde se relevantni data sheet može naći). Celokupnu namenu programa i trenutnu verziju identifikovati preko odgovarajućeg stringa (na primer: dishwasher ver1.3)

### 8.2 PROGRAMSKI MODULI

Na početku svakog programskog modula (datoteke) dokumentovati koji deo problema rešava. Naznačiti koje funkcije nalaze mesto u tom modulu i ukratko opisati njihov rad i način na koji funkcionisu. Takođe dokumentovati koje promenljive (globalne i lokalne) se definišu u tom modulu a koje koriste iz drugih modula (externe).

### 8.3 PODPROGRAMI

Za svaki pojedini podprogram u zaglavlju definisati sledeće:

- koje su ulazne promenljive podprograma i u kojim registrima se očekuju. Naznačiti numerički

format svake od njih (ako ih ima).

- koji se parametri u podprogramu koriste i u kom heder file-u su oni definisani i mogu se menjati.
  - koje globalne promenljive podprogram koristi a koje menja
  - sta su izlazi podprograma, u kom su formatu i u kojim registrima su postavljeni po završetku podprograma
  - koje registre podprogram koristi i samim tim unistava njihov sadržaj
  - koliko podprogram traje (broj udaraca clocka i vremenski, za korisceni oscilator )
  - kratak algoritam rada podprograma
  - ukoliko se koristi neka ideja opisana u data sheet -u za taj kontroler ili u nekoj drugoj literaturi treba samo navesti gde je to detaljnije opisano.
- Ako se bilo sta menja u nekom od podprograma deo koji je menjan komentarisati stringom za identifikaciju verzije programa

#### 8.4 Header datoteke

Dokumentovati izbor konstanti. Ukoliko se neka konstanta racuna preko formule istu dokumentovati ili ukazati na data sheet gde je detaljno obrazložena. Prilikom dokumentacije softvera naznaciti koje konstante (i u kom header) se menjaju i kako uticu na izvršenje programa.

### 9. Način dokumentovanja programa za upravljanje:

9.1. Sistemska analiza. Data detaljna analiza dinamičkih karakteristika sistema, uz poseban osvrt na uticaj promene nominalnih parametara rada uređaja na njegovu stabilnost. Za svaku analiziranu situaciju navesti način na koji je moguće poboljšati degradirane dinamičke karakteristike uređaja (promena parametara regulatora, referenci regulatora, ...). Dati algoritam za promenu vrednosti parametara regulatora u zavisnosti od parametara objekta upravljanja. Dati opis test funkcija za identifikaciju parametara objekta upravljanja i za verifikaciju kvaliteta regulacije, ukoliko su one realizovane. Eventualno dati analizu koja će omogućiti da se na osnovu karakterističnih talasnih oblika merenih velicina može izvršiti odgovarajuća kvalitativna izmena vrednosti parametara regulatora bez potrebe za detaljnim proračunima vrednosti parametara (u vidu tabele, naprimer). Takođe, dati analizu o mogućnosti dijagnosticanja pojave neželjenih efekata u regulacionom sistemu ( pojava mrtvog hoda, nelinearna izobličenja, zasićenje, pojava ofseta ili suma u mernoj konturi ili konturi izvrsnog signala) na osnovu izmerenih odziva, uz analizu načina na koji se oni najefikasnije mogu eliminisati.

9.2 Uz opis programskih funkcija (sa posebnim osvrtom na promenljive od posebne važnosti za rad uređaja ( parametri regulatora, ...) dati analizu koja će za promenljive ključne za proračun izlaza regulatora ili drugih digitalnih modulatora navesti u kom se opsegu kreću i sa kojom tačnošću rade ( i dati poseban osvrt na to u kojim situacijama bi moglo doći do izlaska iz radnog opsega promenljive i sta je učinjeno da se to spreči).

9.3 Za zaštite tipa watchdog navesti koje je vreme rekuperacije i kako su digitalne zaštite upravljačkog hardvera povezane sa analognim delom uređaja (na koji način pojava digitalnih zaštita utiče na funkcije analognog dela)

9.4 Navesti koji je simulator za softver moguće koristiti u cilju verifikacije određenih programskih modula, čime bi se olaksale eventualne naknadne izmene njihove strukture ili vrednosti korišćenih parametara. Eventualno dati pripremljenje fajlove za simulaciju u navedenom programskom okruženju.