

# KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena. Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 03.09.2013. god imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Mladena Mitrovića pod naslovom „Primena tehnika za smanjenje potrošnje energije u digitalnim integrisanim kolima“. Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

## IZVEŠTAJ

### 1. Biografski podaci o kandidatu

Mladen Mitrović je rođen 24. avgusta 1988. godine u Lazarevcu. Završio je gimnaziju u Lazarevcu sa prosekom 5.00. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao je 2007. godine, odsek Elektronika. Diplomirao je u oktobru 2011. god. sa prosečnom ocenom na ispitima 9.49, na diplomskom 10. Master studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu je upisao 2011. godine na odseku za Elektroniku. Položio je sve ispite sa prosečnom ocenom 10.

### 2. Opis master rada

Master rad kandidata sadrži 85 strana. Rad sadrži 6 poglavlja, dva priloga i spisak literature sa 12 referenci.

Prvo poglavlje predstavlja uvod u kome su opisani predmet i cilj rada.

U drugom poglavlju je opisano nekoliko tipičnih kategorija elektronskih uređaja u kojima povećana potrošnja energije predstavlja problem, predstavljena su ograničenja i motivacije za smanjenje potrošnje. Zatim je prikazan uticaj tehnika skaliranja dimenzija i napona napajanja u integrisanim kolima na potrošnju, date su projekcije za dalju primenu tih tehnika, kao i smernice za projektovanje energetski efikasnijih digitalnih integrisanih kola. Na kraju su predstavljeni osnovni mehanizmi gubitka energije u tranzistorima koji se realizuju u CMOS tehnologijama rezolucije ispod 100 nm.

U trećem poglavlju su opisane aktuelne tehnike za smanjenje potrošnje energije, kao što su uslovljavanje takta, izolacija operanada, *multi-Vt* optimizacija, selektivno isključivanje napajanja, korišćenje više napona napajanja, dinamičko/adaptivno skaliranje napona i učestanosti, upravljanje naponom supstrata. Izložene su prednosti i mane tih tehnika, uticaj na potrošnju, performanse, površinu i ostale parametre kola, i dat je uporedni pregled.

U četvrtom poglavlju su predstavljene metodologije i tokovi projektovanja digitalnih integrisanih kola koji obuhvataju primenu tehnika za smanjenje potrošnje energije. Predstavljen je CPF (*Common Power Format*) standard za opis specifikacije i implementacije tih tehnika.

U petom poglavlju je detaljno predstavljen postupak primene tehnika za smanjenje potrošnje na primeru niskopropusnog FIR filtra. Korišćeni su podaci za 130nm CMOS tehnologiju i tri ugla varijacija parametara procesa (*Weak, Nominal, Strong*), nominalni naponi napajanja u opsegu 0.9V do 1.5V i biblioteke ćelija sa tri nivoa napona praga. Za projektovanje su korišćeni odgovarajući *Cadence* alati. Referentni dizajn filtra je opisan,

analiziran i utvrđene su mogućnosti za redukciju potrošnje. Implementirane su neophodne promene dizajna, bez menjanja osnovne funkcionalnosti, razvijena je i primenjena CPF specifikacija. Prikazani su i analizirani rezultati projektovanja dobijeni nakon sinteze.

U šestom poglavlju je dat zaključak. Na kraju rada su data dva priloga sa izvornim kodom PCM modula i CPF fajla.

### 3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Master rad dipl. inž. Mladena Mitrovića se bavi opisom i primenom tehnika za projektovanje digitalnih integrisanih kola male potrošnje. Potrošnja energije postaje primarno ograničenje u mnogim sferama primene savremenih elektronskih uređaja, pri čemu se skaliranjem napona napajanja i dimenzija u procesu fabrikacije ne mogu više postići potrebna smanjenja u potrošnji energije, pa je neophodno potražiti nova rešenja u svim fazama projektovanja. U ovom radu su detaljno opisane tehnike za projektovanje digitalnih integrisanih kola male potrošnje i dati su opšti principi projektovanja takvih kola. Najčešće korišćene tehnike (*clock gating, power shut-off, multi-supply voltage*) demonstrirane su na referentnom dizajnu niskopropusnog FIR filtra, korišćenjem CPF (*Common Power Format*) specifikacije.

Najvažniji doprinos ovog master rada je primena trenutno dostupnih tehnika za smanjenje potrošnje na referentnom kolu niskopropusnog FIR filtra korišćenjem CPF specifikacije. U zavisnosti od primenjenih tehnika i radnih uslova, postignuto je smanjenje dinamičke potrošnje do 62.6% uz neznatno povećanje površine i statičke potrošnje koja u izabranoj tehnologiji nije dominantna.

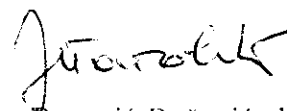
### 4. Zaključak i predlog

Kandidat Mladen Mitrović je u svom radu dao pregled trenutno dostupnih tehnika za smanjenje potrošnje u savremenim digitalnim integrisanim kolima i kreiranjem CPF specifikacije uspešno primenio neke od tih tehnika na kolo niskopropusnog FIR filtra.

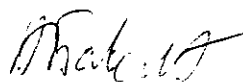
Na osnovu gore navedenog Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da prihvati rad „Primena tehnika za smanjenje potrošnje energije u digitalnim integrisanim kolima“ dipl. inž. Mladena Mitrovića kao master rad i odobri javnu usmenu odbranu.

U Beogradu, 16.09.2013.

Članovi komisije:



dr Jelena Popović-Božović, doc.



dr Aleksandra Pavašević, vanredni prof.