

## EKOLOŠKI ASPEKT PROJEKTOVANJA U ELEKTRONICI

Jelena B. Milojković i Vančo B. Litovski  
Elektronski fakultet, Niš

**Sadržaj** – Prvi put u našoj literaturi razmatran je problem eko-projektovanja i date su osnovne postavke ovog koncepta.

### 1. UVOD

Elektronika kao delatnost, kako vreme odmiche, postaje sve dominantnija. Današnja industrija, transport, komunikacije, kućni život, istraživanja i zabava, ne mogu da se zamisle bez učešća elektronike. Broj elektronskih komponenata i uređaja koji su aktivni postaje tako veliki da ukupna količina proizvedene elektronike postaje merljiva sa količinama koje daju druge "teže" industrijske grane. Zato je i interakcija sa prirodom postala mnogo značajnija. Zato inženjeri elektronike, a naročito oni koji se bave projektovanjem, treba da shvate, a to postaje kritično, da igraju vitalnu ulogu i u svetskoj ekonomiji i u ekosistemu. Inženjeri i njihovi prvi nadređeni polako se uključuju u grupu najuticajnijih ljudi na svetu. Razlog tome je činjenica da za svaki proizvod koji oni razviju postoji verovatnoća da bude proizveden u milionima komada.

U ovom radu biće učinjen pokušaj da se sagleda interakcija elektronike i prirodne sredine i da se izvuku zaključci - smernice - o projektovanju za prirodnu okolinu (PPO) ili eko-projektovanju. Izlaganja će biti zasnovana na nekim iskustvima CARE 2000 [1], knjizi [2] koja predstavlja skup izveštaja pojedinih autora, pionira u ovoj oblasti, kao i na sopstvenim iskustvima autora.

### 2. EKO-PROJEKTOVANJE

Interakcija elektronske industrije i prirodne okoline može da se iskaže u trima oblastima: potrošnja energije, zagadjenje istrošenim proizvodima i zagadjenje otrovnim materijalima. Mi ćemo ovde pokušati da rasvetlimo stvarne dimenzije ove interakcije kroz niz primera za svaku oblast.

Počnimo sa potrošnjom energije. U 1995 god. personalni računari u profesionalnoj funkciji u SAD potrošili su gigantskih 60 miliona MWh energije [3], a očekuje se da ova cifra do 2015 godine poraste za 15%. Saglasno tome, pretpostavlja se da su 2000 god. računari potrošili svih 10% ukupne električne energije u SAD. Čak i najmanje poboljšanje pri projektovanju računara, televizora ili radioaparata, zbog visokoserijske proizvodnje, množi se desetinama i stotinama hiljada ušteda. Smatra se da zbog nepažljivog projektovanja SAD troše oko 10 GW za napajanje kućnih i službenih uređaja koji su elektronski (ne fizički) "isključeni". Samo "isključeni" televizori troše 1 GW. Pažljivo projektovanje, smatra se, može da obezbedi sve funkcije u "isključenom" stanju sa ne više od 10% ove cifre. Kada se na ovaj način razmišlja može da se nasluti kolika je moguća

ušteda ne na "isključenim" već na "uključenim" računarima koje niko ne koristi već stoje uključeni iz navike.

Drugi primer odnosi se na debljine žica kojima se razvodi napon mreže u privatnim i poslovnim zgradama ili industrijskim pogonima. Filozofija projektovanja koja se primenjuje u ovim sistemima polazi od kriterijuma uštede materijala (bakra). Tako se dobija rešenje koje je najjeftinije u trenutku ugradnje. Ugradnja žice dvostrukog poluprečnika (četiri puta teža), međutim, smanjila bi toplotne gubitke u takvim žicama za svih 75%. Trik je u tome što se ove uštede množe vremenom eksploatacije objekta. U pedeset godina ima približno 500.000 sati. Ušteda od 100 W u nekom industrijskom pogonu, velikoj stambenoj zgradi ili banci (sa mnogo računara i klima uređaja), na period od 50 godina, znači 50 MWh. Vrednost ovog troška, na nivou jednog časa beznačajnog, daleko premašuje potrebnu cenu bakra koji bi doneo ovu uštedu.

Novi elektronski proizvodi obično su kompaktni i opremljeni dostignućima najnovije tehnologije. Brzina kojom zamenjuju prethodnu generaciju sličnih proizvoda je astronomska. Na žalost, veliki broj proizvoda koji se zamenjuje još uvek je u funkciji. Neki su čak i odlični. Potreba za kompatibilnošću sa drugima ili, naprosto, filozofija potrošačkog društva, izbacuje ih iz upotrebe nezavisno od njihovih ostalih svojstava. To vodi ka velikoj količini elektronskog otpada i, naravno, daje ključ za zaštitu okoline odnosno uputstva za PPO. Prema podacima Evropske Unije za 1998 god., procenjeno je da elektronski otpad čini 5% ukupnog gradskog tvrdog otpada. Količina koja svakako upućuje na razmišljanje o eventualnoj ponovnoj upotrebi. Do ponovne upotrebe dolazi se preradom odnosno reciklažom o čemu je već bilo reči. Efikasnost prerade zavisi od sposobnosti da se proizvodi koji treba da se prerade sakupe, da se iz njih ekstrahuju ili oslobode komponente (ili materijali) koje su ciljane i da se dobijene komponente (i materijali) ponovo vrate u upotrebu.

Kada se radi o odnosu prema prirodnoj okolini sa staništa materijala, treba da se ima u vidu sledeće. Samo postojanje proizvoda znači da su korišćene neke sirovine. To znači da su učinjene neke transformacije materijala čija je posledica da takvi materijali neće biti raspoloživi budućim generacijama. Najbolji primer za ovo jesu fosilna goriva koja su praktično povezana sa svakim modernim proizvodom makar na osnovu transporta. Transformacija materijala, u novi oblik, s druge strane, može da proizvede supstance koje nanose štetu (ljudskom, životinjskom ili biljnom zdravlju) ili da prenesu neke materijale iz prirodnog mesta na mesto gde mogu da izazovu štetu (olovo, na primer). Uticaj zagadjenja na ljudsko zdravlje može da se iskaže kroz mnogo efekata kao što su: trovanje probavnog trakta, trovanje disajnih puteva, kancerogenost, iritacija kože i očiju i sl.

Kao najbolja ilustracija, na žalost jedna od mnogih, uticaj elektronske industrije na zagađenje otrovnim supstancama, koristi se obrada štampanih ploča. Smatra se da proizvodnja i obrada štampanih ploča koje koriste kalajno/olovni lem, predstavlja jedan od najvećih i najgorih zagađivača uopšte. U ovoj industriji u fazi proizvodnje ploča (pre montaže), samo 7% materijala stvarno ostaje na ploči. 93% hemijskih proizvoda procesa izrade ploča postaje otpad. Imajući sve to u vidu, nameće se potreba da se redukuje upotreba otrovnih materijala i teških metala i, što je projektantski zadatak, da se smanji površina štampane ploče za datu funkciju kola.

Navedenim opisima "sukoba" industrijske proizvodnje i prirodne okoline mi smo indirektno naznačili osnovne ideje koje leže u konceptima eko-projektovanja. Eko-projektovanje se definiše kao sistemski pristup projektovanju koji obuhvata brigu o zdravlju, prirodnoj okolini i sigurnosti tokom celog životnog ciklusa proizvoda. Evo osnovnih smernica na kojima se oslanja realizacija zadataka ovog koncepta.

*Projektovanje za preradu* podrazumeva oblikovanje proizvoda kako bi se na kraju životnog ciklusa mogao lakše da preradi. To se odnosi i na ponovnu upotrebu komponenta na koje će se proizvod rastaviti. U primeni ovog koncepta ide se tako daleko da se zamišljaju proizvodi koji će se sami rastavljati. Pri tome, računa se na ugradnju novih i inteligentnih mikroelektromehaničkih komponenta.

Smanjenje količine materijala koji se koristi za realizaciju date funkcije od kritične je važnosti. Ne samo da tako nastaje jeftiniji proizvod već će on zahtevati manje troškove pri transportu i preradi.

*Projektovanje za reciklažu* bi trebalo da znači razmišljanje i ugradnja koncepata koji redukuju broj različitih materijala koji ulaze u proizvod. Na taj način se smanjuje cena proizvodnje ali se istovremeno pojednostavljuje proces izdvajanja vrednih materijala za ponovnu upotrebu.

Smanjenje upotrebe otrovnih materijala znači težnju ka eliminaciji, koliko je to moguće, onih materijala koji štete okolini. To se odnosi i na fazu proizvodnje i na fazu odlaganja nepereradivog otpada. Ovde treba naglasiti da se zakonska regulativa u industrijskoj proizvodnji postepeno pomera u korist prirodne okoline. Tako, upotreba pojedinih toksičnih materija, u skorjoj budućnosti, može lako da postane nezakonita, pa da nepripremljeni proizvođač ostane bez proizvoda, a vlasnik možda čak i bez preduzeća.

*Projektovanje za produženje života proizvoda* od značaja je za prirodnu okolinu jer po sebi smanjuje količinu otpada, a i zahvatanje sirovina. Produžavanje života proizvoda ima veze sa tolerancijama ugrađenih komponenta. Pažljivom optimizacijom može se postići da funkcija uređaja bude sačuvana i kada vrednosti parametara komponenta, zbog starenja, budu znatno promenjene. Promena koncepata projektovanja, korišćenje digitalnih umesto analognih rešenja, na primer, može takodje da učini proizvod manje osetljivim na tolerancije što znači i da produži vek života istog.

Najzad, ušteda u potrošenoj energiji pri proizvodnji i, naročito, pri eksploataciji uređaja, ne samo da donosi ogromne uštede u računu za energiju već izaziva i lančani efekt. Manja potrošnja energije znači manje mase hladnjaka unutar elektronskih uređaja, manje zapremine uređaja, ma-

nja energija dodatnog hladjenja itd.

U daljem tekstu ćemo razmotriti nekoliko primera i pokazati kako se može uspešno projektovati za prirodnu okolinu.

### 3. PRIMERI EKO-PROJEKTOVANJA

Pri projektovanju novog proizvoda, saglasno ISO 14040 serije standarda, potrebno je sagledati njegov uticaj na okolinu. Koncept koji se primenjuje poznat je kao *ocena životnog ciklusa* (LCA od Life Cycle Assessment). Ovaj koncept obezbeđuje metodologiju koja će se koristiti za procenu cene izbora materijala, proizvodnje, distribucije, eksploatacije, prerade i odlaganja proizvoda. Kao što se vidi, procenjuje se celokupni životni ciklus. Za realizaciju ovog zadatka u upotrebi su softverski alati koji formiraju matrice čiji koeficijenti predstavljaju stepen sprege veličina kao što su: cene materijala, proizvodnje, testiranja, eksploatacije, ponovne upotrebe, održavanja, rastavljanja, reciklaže, s jedne strane, i spiska uticaja na okolinu (energija, masa, otrovnost, retkost i sl.), s druge. Na osnovu takvih matrica ekstrahuju se informacije koje omogućavaju propisivanje skupa materijala i komponenta koje će biti korišćene u proizvodnji.

Kada se pristupi projektovanju, prva je briga, naravno, obezbediti da projektovano kolo ili sistem zadovolji postavljene funkcionalne zahteve. Prva naredna briga je energija. Prvi pokušaji da se u računarima uštedi energija nastali su još u kasnim osamdesetim. Na osnovu tog razvoja nastale su preporuke (zahtevi) koje je 1992 god. objavila EPA (Environmental Protection Agency) u Sjedinjenim Državama. Na osnovu toga nastali su koncepti koji su doveli i vode ka daljoj štednji energije.

Kada se radi o personalnim računarima, na primer, da bi se uštedelo na energiji kada je računar uključen ali nije u upotrebi, nastale su sledeće projektantske preporuke:

- Smanjiti frekvenciju takta na matičnoj ploči (na, recimo, 8 MHz). Isključiti sve diskove i zaustaviti sve sinhronizacione signale u video kontroleru.

- Zaustaviti takt procesora stavljajući DRAM u režim sporig osvežavanja.

- Suspendovati prenos ka disku svih kontrolnih i DRAM registara, a zatim isključiti ceo sistem ostavljajući mali pomoćni izvor napajanja da napaja kola koja su zadužena za "budjenje" mašine.

Budjenje se dešava na dodir tastature ili miša ili, kod umreženih računara, na signal iz mreže. Za ovaj poslednji slučaj definisan je tzv. *magični paket* koji se ugrađuje u mrežni protokol.

Naravno, energiju treba štedeti i kada je potrošač (računar, na primer) aktivan u punoj meri. U tom smislu najveći napredak se postiže stalnim i sistematskim smanjivanjem napona napajanja elektronskih kola. Na sličan način se povećava i stepen iskorišćenja ugrađenih podsistema, naročito monitora. Ipak, postoji i dodatna mogućnost [4]. Smatra se da se kontrolom faktora snage (popularni  $\cos \varphi$ ) mogu da postignu uštede reda 30%. Pri tome misli se na faktor snage gledan sa strane mreže. Suština ideje vezana je za činjenicu da je struja napajanja impulsnog, a ne sinusoidalnog karaktera što znači da nosi mnogo harmonika. Nepar-

ni harmonici izazivaju naročite probleme zato što smanjuju faktor snage trofaznih sistema sa jednofaznim opterećenjem kao što je računar.

Postoje i drugi slični koncepti koji doprinose smanjenju potrošnje. Jedan od najefikasnijih, naravno, je: isključiti ono što nije potrebno. Poželjno je i razvijati osećanje krivice kod onih koji bezobzirno zloupotrebljavaju elektronske uređaje.

Prva, najpovoljnija verzija ponovne upotrebe je "osvežavanje" ispravnih proizvoda. Ova aktivnost nam je poznata iz oblasti trgovine automobilima ali je sve više srećemo i u trgovini elektronskim uređajima kao što su televizori, računari i sl. U zapadnim zemljama postoje organizacije koje se bave preprodajom ovakve opreme (nekad i proizvodne opreme) manje razvijenim zemljama rešavajući tako (u svom dvorištu ali ne i globalno) sve probleme vezane za životni ciklus proizvoda, a naročito odlaganje.

Druga, mnogo važnija varijanta ponovne upotrebe sa stanovišta projektovanja, odnosi se na ponovnu upotrebu komponenata. Kao najbolji primer za uspešan rad u ovoj oblasti pominje se IBM. Ova je kompanija uspostavila dvadesetak pogona za rastavljanje upotrebljenih računara i osvežavanje odvojenih komponenata. U okviru svakog pogona obavlja se sledeće: daju se uputstva korisniku koji šalje računar na rastavljanje, prijem, popis i verifikacija primljenog uređaja, priprema procesa, rastavljanje, sortiranje i osvežavanje komponenata. U periodu 1994 -1997, na ovaj način, IBM je preradio preko 30.000 tona uređaja. Pored efekata koji su postignuti vezano za zaštitu okoline dobijeni su i drugi, finansijski, efekti. Unutar kompanije uštedjeno je 50 miliona dolara na ponovnoj upotrebi komponenata, prodate su komponente u vrednosti od 10 miliona dolara i materijali u vrednosti od 5 miliona dolara.

Razmotrimo ponovno odgovor na pitanje kako se može projektovati za ponovnu upotrebu. Rečeno je da se to obavlja tako što se olakšava rastavljanje uređaja na kraju njegovog životnog ciklusa. Ostaje međutim, dilema o tome da li su komponente unutar uređaja koji rastavljamo upotrebljive. Ovo se naročito odnosi na one komponente čija upotrebljivost zavisi od toga koliko su radile i u kakvim uslovima. To su motori, izvori za napajanje i monitori za koje istovremeno važi da tehnološki sporije zastarevaju. Da bi se pre rastavljanja znalo da li je motor unutar uređaja upotrebljiv potrebno je voditi dnevnik njegovog rada. Za tu svrhu treba promeniti projekt i primeniti *projektovanje za ponovnu upotrebu* [5].

Uređaj se proširuje dodatnom štampanom pločicom (ili čipom, kod velikih serija) koji sadrži:

- mikrokontroler sa EEPROM memorijom (koji vodi dnevnik),
- izvor za napajanje (ako uređaj nema svoje baterije) i
- bežični predajnik koji će po potrebi povezati uređaj sa računarom koji održava bazu podataka i komponenata.

Autori su ovo proširenje nazvali EDL od Electronic Data Log što bi značilo: vođenje elektronskog dnevnika. EDL obavlja sledeće: -broji polaske i zaustavljanja motora, -pamti trajanja pojedinačnih uključenja i ukupno vreme rada motora, -pamti temperaturu i snagu pri svakom uključenju, izračunava i pamti vršne i srednje vrednosti svih parametara koji se traže.

Tokom (po potrebi) i na kraju životnog ciklusa proiz-

voda, preko bežične veze, podaci iz EEPROM-a prenose se računaru što ima efekt kao da se čita tzv. crna kutija koja se ugrađuje u avion. Na strani računara ugrađuje se prijemnik koji se vezuje za RS232 port. Ako se pravilno pripremi baza podataka o proizvodima i komponentama, prilikom čitanja će moći odmah da se rasudjuje o upotrebljivosti rastavljenog uređaja odnosno o upotrebljivosti pojedinih njegovih delova.

S obzirom na ulaganja u dodatne komponente (EDL) i odgovarajuća ulaganja u obradu podataka, ovaj pristup povećava početnu cenu uređaja. Autori ovog koncepta uvode veličinu: *procenat oporavka* koja predstavlja proizvod relativnog broja vraćenih motora i relativnog broja motora koji su upotrebljivi (u odnosu na ukupni broj). Tako, za uređaj koji je proizveden bez EDL po ceni od 15 dolara, a kome je ugradnja EDL povećala cenu za 2 dolara, potrebno je da procenat oporavka bude 32%. Ako je upotrebljivo 50% vraćenih motora, dakle, potrebno je da se sakupi i vrati 64% proizvedenih motora da bi primena ovog koncepta bila isplativa.

Ponovna upotreba materijala je od naročitog interesa. U Tabeli 1 dat je pregled elemenata, jedinjenja i komponenata koje su od najvećeg interesa za ponovnu upotrebu u elektronskoj industriji.

*Tabela 1 Materijali i komponente za ponovnu upotrebu*

Elementi	Jedinjenja	Komponente
Platina, zlat, paladijum, srebro, nikl, bakar, cink, aluminijum, živa	Tvrda plastika, nahrđajući čelik, PVC, polietilen, čelik, štampane ploče, staklo	Integrisana kola, motori, izvori za napajanje, displeji, baterije zasnovane na olovu, NiCd baterije

Da bi se iz elektronskog otpada odvojili korisni materijali potrebno je otpad *reciklirati*. Pri tome, da bi se pristupilo ovakvoj aktivnosti treba da se ispune dva značajna uslova. Prvi je da su fizičke karakteristike materijala dobijenih recikliranjem bliske karakteristikama materijala koji se prvi put koriste. Drugo, cena dobijanja materijala recikliranjem treba da bude takva da odvrća od korišćenja prirodnih sirovina.

Reciklirani materijali mogu da se koriste pri izradi proizvoda iz kojih su ekstrahovani. Kažemo da se radi o recikliranju u zatvorenoj petlji. Dobijeni materijali, naravno, mogu da se koriste i za druge proizvode. Kažemo da se radi o recikliranju u otvorenoj petlji.

Evropska Unija je započela da uređuje ovu oblast 1997 god. kada je izdat "Radni papir o upravljanju otpadom elektronskih i električnih uređaja". Preporuke sadrže ciljeve koji treba da se dostignu krajem 2002 god. Oni se svrstavaju u sledeće tri grupe:

- smanjiti količinu otpada preko boljeg sakupljanja, ponovne upotrebe, reciklaže i obnove,
- smanjiti rizike odlaganja otpada smanjenjem upotrebe rizičnih supstanci i komponenata i
- rukovati otpadom, a naročito rizičnim komponentama na način koji štiti prirodu.

Očekuje se da će ovi ciljevi biti postignuti donošenjem i primenom regulative koja će: -zabraniti teške metale kao što je olovo, živa, kadmijum i šestovalentni hlor, -uvesti obavezu povratka proizvoda proizvođaču na kraju životnog ciklusa. Očekuje se da ova obaveza bude ostvarena na račun proizvođača uz podelu odgovornosti proizvođača i kupca i -postaviti naročite ciljeve u oblasti ponovne upotrebe i recikliranja, kao što je sakupljanje plastike i sl.

Ovde ćemo pomenuti projekt: "telefonski aparat bez olova" [6]. Pri realizaciji ovog projekta ne samo da je kalajno/olovni lem zamenjen na štampanoj ploči i pri montaži već se insistiralo da komponente, na strani proizvođača, imaju nožice koje nemaju olovnu presvlaku. Korišćena je nova legura kalajno/bakarna sa 99,3% kalaja i 0,7% bakra. Pored ove preporučuje se i kalajno/srebrna legura sa 96,5% kalaja i 3,5 % srebra. Autori tvrde da je tačka topljenja SnCu legure 227 °C, a da se tečno stanje dobija na 242 °C. Na osnovu toga zahteva se da komponente koje se montiraju treba da podnesu 260 °C.

Mada to u [6] nije raspravljano, novi lemovi će pri strožijim projektantskim zahtevima zahtevati nova pravila projektovanja s obzirom na minimalne širine veza koje se tehnološki mogu postići i maksimalne gustine struje koje novi materijali podnose. Pri tome, ne smatra se da će situacija sa novim materijalom da ugrozi gustinu pakovanja. Naprosto, pravila projektovanja će biti nova. To će imati posledice po alate za projektovanje štampanih ploča, a verovatno i po kućišta integrisanih kola.

Na kraju, osvrnimo se ukratko na skup standarda ISO 14000. Ovaj sistem standarda pokriva sledeće oblasti: - Sistem upravljanja zaštite prirodnom okolinom (ISO 14001-) daje specifikacije, principe i uputstva,

-Uputstva za praćenje prirodne okoline (ISO 14010-),  
-Principe i načine obeležavanja proizvoda sa stanovišta zaštite prirodne okoline (ISO 14020-)

-Ocene uspešnosti zaštite (ISO 14031) -LCA (ISO 14040-)  
-Pojmova i definicija (ISO 14050- ) i

-Uputstava za ugradnju aspekata zaštite prirodne okoline u proizvodne standarde (ISO 14060-).

Ovaj standard će se odnositi na organizacije koje žele da poboljšaju zaštitu prirodne okoline, žele da sami sebi potvrde da uspevaju u zaštiti, žele da to pokažu i dokažu drugima, žele da dobiju sertifikat i sl. Pri tome, važno je imati na umu da svaka organizacija koja želi da prihvati standard ISO 14000 mora da dokaže da ne samo zadovoljava nacionalne već i svetske propise i uredbe. Pored toga, smatra se da će pri izdavanju sertifikata naglasak biti na verifikaciji da organizacija ima efikasan sistem upravljanja koji je saglasan sa ISO 14001 i koji je u stanju da sprovede standard.

U [7] dat je jedan primer primene standarda ISO 14000. Kako autori kažu, njihovo opredeljenje je bilo da dok ostali svet mašta o PPO, oni u ST Microelectronics već imaju planove. Kada je ISO 14000 još bio u fazi usvajanja, ST je već prihvatio svojih 16 principa za upravljanje zaštitom prirodne okoline. Tako, udovoljavanje zahtevima ISO 14000 bilo je, u

stvari, nuzproizvod napora da se udovolji unutrašnjim standardima. Štaviše, na iznenadjenje samih kreatora, ovi naponi su doprineli povećanju produktivnosti i povećanju profita. Na primer, ulaganja u štednju energije smanjila su potrošnju sa 680 kWh po 1000 dolara prihoda na 550 kWh. Potrošnja vode je sa 11,3 m<sup>3</sup> po 1000 dolara prihoda, svedena na 7,8 m<sup>3</sup>. Najzad, deo proizvoda na kraju životnog ciklusa koji je morao da se baci, smanjen je sa 71% na 35%, a korporacija je smanjila potrošnju papira sa 1200 na 800 tona godišnje.

#### 4. ZAKLJUČAK

Opisani su osnovni aspekti projektovanja za prirodnu okolinu. Smatramo da će ovaj rad pokrenuti veće interesovanje za istraživanja u ovoj veoma značajnoj novoj oblasti

#### 5. LITERATURA

- [1] "Eureka E! 2009, Strategic Comprehensive Approach for electronics REcycling and Re-use, SCARE, Green Book", International CARE "VISION 2000" Office, Wiener Neustadt, August 1998.
- [2] L. Goldberg, "Green electronics/Green bottom line", Newnes, Boston, 1999.
- [3] L. Goldberg, "The advent of green computer design", *IEEE Comp.*, Vol. 31, No. 9, September 1998, pp.16-19.
- [4] O. Pauk, P. Lidik, "A high-voltage power factor controller helps improve power quality", in: Goldberg, L., "Green electronics/Green bottom line", Newnes, Boston, 1999.
- [5] M. Klausner, W. Grimm, and C. Hendrickson, "Reuse of electric motors of consumer products: Design and analysis of electronic data log", *Jour. of Industrial Ecology*, Vol. 2, 1998, pp.89-102
- [6] W. Trumble, J. Brydges, "World's first lead free circuit telephone", *Proceedings of IPC Works'97*, Washington, DC., October 5-7, 1997.
- [7] C. Brown, "Beyond ISO 14000: ST Microelectronics as a case study in environmental leadership", in: Goldberg, L., "Green electronics/Green bottomline", Newnes, Boston, 1999.

**Abstract:** The subject of eco-design was first visited in the Serbian electronic design community. Review of existing methods is given together with the fundamental guidelines for successful eco-design.

#### ECO-DESIGN IN ELECTRONICS

Jelena B. Milojković and Vančo B. Litovski