

**Avtor :**  
**Edin Huremovič**

## **Razvoj nekaterih elektronskih sklopov za inteligentne povezljive aparate Gorenje – povzetek specialističnega dela**

*Edin Huremovič je v decembru 2004 na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani uspešno zaključil podiplomski specialistični študij. Specialistično delo Razvoj nekaterih elektronskih sklopov za inteligentne povezljive aparate Gorenje je elaborat njegovega večmesečnega strokovnega in razvojnega dela na področju inteligentnih povezljivih aparatov Gorenje.*

Inteligentni gospodinjski aparati Gorenje uporabniku nudijo še dodatne funkcije, ki predstavljajo dodatek za lažje rokovanje s strojem, za vzdrževanje stroja in za ekonomično uporabo

### **1 Uvod**

Danes se s področjem uvedbe inteligence v domače okolje ukvarja mnogo podjetij, raziskovalnih ustanov, fakultet itd. V oglaših in na spletu najdemo ogromno ponudb, izdelanih predstavitev, simulacij in podobnih projektov, vendar je resničnih delujočih primerkov še zelo malo ali nič. Gorenje je na tem področju med vodilnimi podjetji, saj inteligentni gospodinjski aparati Gorenje uporabniku nudijo poleg vseh osnovnih še dodatne funkcije, ki predstavljajo dodatek za lažje rokovanje s strojem, za vzdrževanje stroja in za ekonomično uporabo.

Delo predstavlja okolje Inteligentnega doma Gorenje ter na primeru prikazuje postopek razvoja elektronskega sklopa za Inteligentni dvokompresorski hladilno-zamrzovalni aparat. Predstavljen je koncept hišne avtomatizacije (slika 1) ter aparati, ki so zanj potrebni, seznanimo se z izhodišči, cilji ter strukturo Inteligentnega doma Gorenje, za lažje razumevanje pa je podan še pregled razvojnih aktivnosti oziroma faz projekta Inteligentni dom Gorenje.

**Slika 1: Naprave in podsistemi, ki jih najdemo v sistemu inteligentne hiše**



Po problematiki načrtovanja tiskanih vezij se srečamo s programskim paketom P-CAD-2002, konceptom aparature opreme za elektronsko regulacijo, njenimi najpomembnejšimi funkcijami ter programsko opremo, ki usklajuje delovanje celotnega elektronskega sklopa. Bistven poudarek se kaže v izhodiščih za načrtovanje elektronskega sklopa, v konstrukcijskih zahtevah ter v zahtevah proizvajalcev elektronskih sklopov in proizvajalcev tiskanih vezij. Podan je tudi potek konstrukcije tiskanega vezja na primeru elektronskega sklopa G-HZA-02 in prehodu do končnega izdelka.

Zaključno poglavje govori o možnostih izboljšav v načinu dela, v boljši usklajenosti razvojnih inženirjev v skupini ter v medsebojnih koordinacijah med posameznimi programi v Gorenju. Srečamo se s tehnokonomske odločitvami oziroma analizami upravičenosti za nakup prototipnega rezkalca in klimatske komore ter z osebnimi pogledi za prihodnost. Podana so tudi izhodišča in koncept 3D modeliranja elektronskih sklopov.



Slika 3: Pri P-CAD 2002 so pri roki vsa orodja, ki so potrebna za načrtovanje

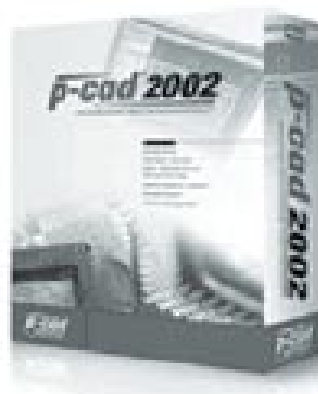
pripravljen in ga izvede izkušen strokovnjak. Konstruktor tiskanega vezja je oseba, ki jo veseli reševanje ugank, predvsem grafičnih ugank oziroma labirintov. Običajno mora biti zelo komunikativen, saj mora biti spreten pri izmenjavi informacij med razvojnikom, konstruktorjem, tehnologom v proizvodnji tiskanih plošč ter tehnologom v proizvodnji elektronskih modulov in ostalimi udeleženci procesa razvoja novega izdelka. Poznati pa mora tudi osnovne zahteve za elektromagnetno kompatibilnost in varnost, v skladu s katerimi načrtujemo tiskano vezje za elektronski sklop kot končni proizvod. Od te osebe se običajno zahteva tudi velika samostojnost, ker si mora večino informacij priskrbeti sama. Zaželeno je poznavanje elektronike, čeprav so dobri načrtovalci tiskanih vezij lahko tudi strojni inženirji.

Konstruktor tiskanih vezij mora biti uspešen v načrtovanju detajlov in mora razmišljati kreativno a tudi logično. Načrtovanje tiskanih vezij ne zahteva samo tehnične veščine ampak tudi nekoliko umetniške žilice, kjer je zelo pomembna lastnost in sposobnost kreativnega reševanja problemov.

## 2.2 Programski paket P-CAD 2002

Celotno načrtovanje je bilo izvedeno s pomočjo programskega okolja P-CAD 2002, ki je sistem za projektiranje tiskanih vezij in je namenjen profesionalnim projektantom. Sistem vsebuje vsa orodja, ki so potrebna za hitro in učinkovito izvajanje procesa načrtovanja tiskanih vezij, od faze vnašanja podatkov o projektu pa vse do faze proizvodnje.

**p-cad 2002**



Uporabniški vmesnik P-CAD 2002 je skladen z Windows standardi. Poleg tega uporablja vse prednosti grafične narave Windows okolja, saj omogoča preiskovanje, premikanje, izrezovanje, kopiranje, lepljenje, brisanje in predelovanje skoraj vsega, kar se nahaja na zaslonu. Na voljo so tudi funkcije za izbiranje (izbiranje s preiskovanjem, filtriranje elementov v blokih, itd.). Glede na to, da je podprt večokenski format, je možno sočasno odpiranje več oken z datotekami. Tako je lahko na zaslonu več datotek, ali več različnih pogledov na isto datoteko. Da bi se izognili utrujajočim ponavljanjem med načrtovanjem, so na razpolago funkcije kot so večnivojska prekinitvev akcij, popravljanje že potegnjenih vodov, poravnavanje in/ali fiksiranje komponent, odstranjevanje delov vodnikov ali vodil, spreminjanje lastnosti objektov itn. Vse te funkcije pomenijo manj monotonega dela in pripomorejo k skrajšanju skupnega časa načrtovanja.

Brezplačni časovno omejeni programi so dostopni na <http://www.pcad.com>.

### 3 Izhodišča za načrtovanje elektronskega sklopa G-HZA-02

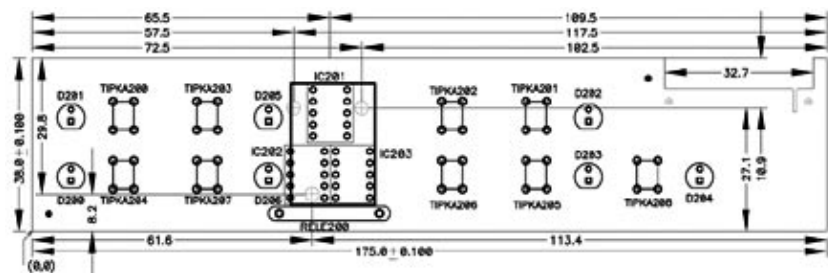
Načrtovanje se je nanašalo na elektronsko krmilno enoto G-HZA-02 z mikrokrmilnikom, ki je namenjena za regulacijo temperature hladilnika, zamrzovalnika ali kombinacije hladilnika in zamrzovalnika dvokompresorskega hladilno-zamrzovalnega aparata. Sestavljajo jo procesorski modul, upravljalni modul, temperaturna tipala in povezovalni kabel.

Pred začetkom načrtovanja si je potrebno urediti koncept, ki upošteva vse zahteve s strani konstruktorjev aparatov HZA in elektronike, izdelovalca tiskanih vezij CMS electronics iz Celovca ter proizvajalca elektronskih sklopov ELRAD International iz Gornje Radgone.

#### 3.1 Konstruktivske zahteve

Tu gre predvsem za določitev funkcionalnosti in mehanskih mer, ki so vezane na način vgradnje sklopa v aparat. Zahtevane mere predstavljajo v tem primeru zelo veliko prostorsko omejitev. Po predhodnem posvetovanju s konstruktorjem aparata so bile določene mehanske dimenzije. Modula imata naslednje maksimalne dimenzije: procesorski modul 175 mm x 80 mm in upravljalni modul: 175 mm x 38 mm. Prav tako je bila fiksno in zelo natančno določena tudi razporeditev tipk, prikazovalnikov in LED diod na upravljalnem modulu, kar je razvidno na sliki 4. Zaradi namestitve elektronike v ohišje je bilo potrebno na procesorskem modulu določiti podporno območje okoli celotne ploščice (rob 3 mm), pa tudi mesto podpore transformatorja.

Slika 4: Prikaz omejitev in fiksnih razporeditev na upravljalnem modulu



Prikazovalnik hladilno-zamrzovalnega aparata



#### 3.2 Zahteve proizvajalca elektronskih sklopov

Pri izdelavi tiskanih vezij je potrebno upoštevati nekatere zahteve s strani podjetja ELRAD International iz Gornje Radgone, kjer se izvaja tehnološka priprava ter serijska sestava elektronskih sklopov. Najpomembnejše so se nanašale na tehnologijo izdelave tiskanih vezij in dokumentacijo ter omejitve avtomatskih polagalk SMD komponent.

#### 3.3 Zahteve proizvajalca tiskanih vezij

Zahteve proizvajalca tiskanih vezij pa so se nanašale predvsem na tehnološki postopek izdelave pri katerem morajo biti ustrezno izdelane in pripravljene N/C drill datoteka in gerber datoteke, s pomočjo katerih izdelajo vezja.

**Pri konstrukciji tiskanega vezja in izdelavi dokumentacije je potrebno zelo natančno upoštevati vse zahteve, saj bi drugače lahko prišlo do velikih odstopanj v vseh treh fazah izdelave:**

- v proizvodnji tiskanega vezja,
- v izdelavi elektronskega sklopa in
- v vgradnji sklopa v aparat.

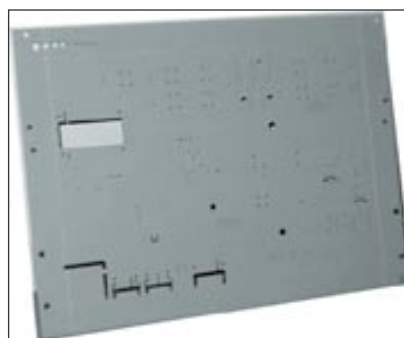
## 4 Od tiskanega vezja do končnega proizvoda

Tiskano vezje seveda še ni končni proizvod. Slednji je namreč še le naprava, ki ima vgrajen elektronski modul ali sklop s tiskanim vezjem, na katerem so elektronske in elektro-mehanske komponente. Elektronski modul je zgrajen na tiskanem vezju in je delni proizvod za napravo ali pa za elektronski sklop, ki je zgrajen iz večjega števila elektronskih modulov. V našem primeru je elektronski sklop vgrajen v napravo. Niti elektronski modul niti elektronski sklop pa običajno še nista končna proizvoda. Elektronski modul in sklop sta običajno dimenzijsko prirejena mehanskemu nosilcu, ki je del naprave. Na slikah 5 in 6 sta predstavljeni tiskani vezji za oba elektronska modula (slika 7), tako upravljalnega kot tudi procesorskega, iz katerih je zgrajen elektronski sklop, ki ga prikazuje slika 8 in ga vgrajujejo v hladilnik z elektronskim krmiljenjem.

Svetli rob je tako imenovan tehnološki rob, ki se uporablja na proizvodni liniji za elektronske sklope. Tiskano vezje za oba modula je na eni plošči in ju v proizvodnji sestavljamo hkrati.

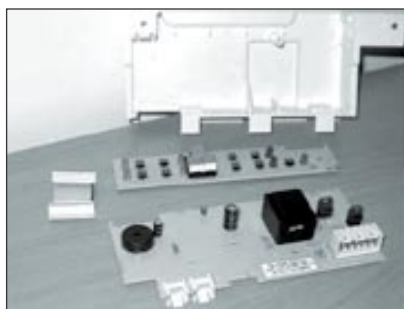
Slika 5: Pogled na tiskano vezje G-HZA-02 s spodnje strani

Slika 6: Pogled na tiskano vezje G-HZA-02 z zgornje strani



Slika 7: Elektronski moduli G-HZA-02

Slika 8: Elektronski sklop G-HZA-02



Na tiskanem vezju so včasih posebna področja, ki lahko mehansko zelo omejujejo ploščo npr. ležišče za baterijske vložke v ohišju, drsna vodila v ohišju, kjer se plošča oziroma modul zapelje vanj, in podobno. Prav tako moramo na plošči predvideti posebne montažne luknje, ali pa področja, kjer ne smemo namestiti elementov. Konektorji morajo biti na natančno predvidenih mestih, plošča mora imeti natančno določene dimenzije itd. Vse to so omejitve in zunanji faktorji, ki jih moramo seveda določiti, preden se lotimo načrtovanja vezja. Vnaprej moramo definirati tudi, kakšen material (imenuje se laminat) in katero debelino bakra bomo uporabili.

Običajni materiali, ki jih uporabljamo, so FR2, FR3, FR4 in CM1. Najslabši je material FR2 (in FR1, ki pa se redko uporablja). Običajna debelina nanosa bakra je 35 - 70  $\mu\text{m}$ . Obstajajo posebne tabele, s pomočjo katerih preračunamo, kako široko povezavo moramo uporabiti pri določeni debelini nanosa bakra in toka, ki teče po povezavi.

## 5 Možnosti izboljšav

Možnosti izboljšav se nanašajo na način dela, boljše usklajenost razvojnih inženirjev v skupini, v medsebojnih koordinacijah med posameznimi programi v Gorenju, ki temeljijo na realizaciji opravljenih tehnoeekonomskih analiz in v nakupu prototipnega rezkalca za izdelovanje tiskanih vezij (CNC stroj tipa MULTI – K) ter klima komore (tip VOETSCH VCV 7060-15). Predstavljena so tudi izhodišča in koncept 3D modeliranja elektronskih sklopov.

### 5.1 Tehnoekonomska analiza nakupa prototipnega rezkalca in klima komore

Tehnoekonomska analiza investicije predstavlja sestavni del študije možnosti in idejnega projekta. Namen analize je celovito oceniti upravičenost investicije, tako iz tehničnega, kakor tudi iz ekonomskega vidika, saj pri tem določimo tudi ekonomske kazalce njenih neposrednih koristi. Največkrat vsak od obdelanih primerov zahteva nekoliko drugačen pristop, zato je prikazano, kako lahko metodo analize prilagodimo različnim okoliščinam projekta. Cilj je na kratko predstaviti princip tehnoeekonomske



analize, podati izhodišča za ocenitev stroškov in koristi ter izračunati donosnost skozi praktična primera prototipnega rezkalca za izdelavo manjših prototipnih serij tiskanih vezij (predvsem enoslojnih) in klimatske komore, ki je namenjena testiranju elektronskih sklopov pod ekstremnimi temperaturnimi pogoji ob prisotnosti vlage.

Slika 9: CNC stroj tipa MULTI-K

Slika 10: Osebni računalnik za upravljanje s strojem



Slika 11: Ciklonski filterski mikro izločevalec



Slika 12: Naprava za graviranje



Prvi primer je ocena za preteklo investicijo in se nanaša na nakup prototipnega rezkalca (CNC stroja tipa MULTI - K, slika 9) z delovnim področjem  $x = 300$  mm,  $y = 400$  mm in  $z = 100$  mm za izdelavo manjših prototipnih serij enoslojnih tiskanih vezij in njegove ustrezne dodatne opreme v katero sodijo ciklonsko filterski mikro izločevalec za odpraševanje - industrijski sesalnik, osebni računalnik in naprava za graviranje z ustrezno pripadajočo opremo.

Prototipni rezkalec deluje s pomočjo predhodno izdelanih gerber datotek, ki jih v CNC programskem okolju še naknadno obdelamo in procesiramo ter na ta način dobimo datoteko tipa \*.NCP, ki grafično in tekstovno ponazarja obris zelene bakrene površine. S pomočjo prototipnega rezkalca in visokofrekvenčne glave, ki vrti rezkalo to površino izrežemo, industrijski sesalnik pa služi za odstranjevanje bakrenih opilkov. Po končanem postopku zamenjamo orodje z ustreznim svedrom in dodatno izvrtamo še luknje.

V drugem primeru pa se tehnoeekonomska analiza nanaša na investicijo klima komore tipa VOETSCH VCV 7060-15 (slika 13) z ustreznim vibratorjem RMS 1508. Z njo lahko testiramo elektronske sklope na dva načina. Pri konstantni temperaturi in vlažnosti ter pri ciklični temperaturi in vlažnosti (območje temperature se spreminja od 10 $\mu$  C do 85 $\mu$  C, območje vlažnosti pa od 10 % do 90 %), prav tako pa z njo opravljamo tudi tako imenovani šok test z vibratorjem s pomočjo katerega ugotavljamo šibke točke elektronskih vezij.

Slika 13: Klima komora (tip VOETSCH VCV 7060-15)



Po opravljeni analizi lahko iz dobljenih rezultatov sklepamo, da interna stopnja donosnosti projekta Rezkalec znatno presega običajne stopnje donosnosti za investicijska vlaganja in znaša 88,26 % pri upoštevanju diskontni stopnji 8 % letno. To pomeni, da je bil nakup rezkalca, osebnega računalnika, sesalnika in naprave za graviranje v oddelku Inteligentni dom rentabilen že samo iz podjetniškega vidika. Če pa bi lahko razen golega finančnega vidika upoštevali v izračunu tudi širši ekonomski pomen in še posredne koristi investicije, bi bila njegova rentabilnost še višja. Med posredne koristi te investicije, katerih v izračunu nisem upošteval, pa bi lahko šteli med drugim tudi:

- zmanjšanje onesnaženosti zraka v delovni okolici,
- boljši nadzor in dokumentacijo o poteku procesa,
- učinkovitejše delo in manjša obremenitev nadzornega osebja ter
- prihranek kemikalij in potrošenega materiala za klasično jedkanje.

Pri drugemu primeru analize pa iz dobljenih rezultatov lahko zaključimo, da je interna stopnja donosnosti projekta nekoliko manjša, ampak še vedno presega običajne stopnje donosnosti za investicijska vlaganja in znaša **25.74 %**. Tudi tukaj bi lahko razen finančnega vidika upoštevali v izračunu tudi širši ekonomski pomen in posredne koristi investicije ter s tem povečali njeno rentabilnost. Med posredne koristi te investicije, katerih v izračunu nisem upošteval, pa bi lahko štel med drugimi tudi:

- zmanjšanje stroškov zaradi poslovnih potovanj in koordiniranja dela,
- zmanjšanje stroškov zaradi telefonskih klicev,
- boljši nadzor nad testiranjem,
- hitrejše ukrepanje v primeru napak,
- učinkovitejše delo ter manjša obremenitev nadzornega osebja.

Prav tako sta zanimiva podatka, da znašata grobi oceni za dobo vračanja investicije projekta Rezkalec 2 leti, za projekt Klima-komora pa od 5 do 6 let. Na osnovi dobljenih rezultatov in študije tehnoeekonomske analize, smo se odločili za oba nakupa ter ju bomo v celoti izvedli do konca leta 2004.

## 5.2 Programsko orodje Rhinoceros

Prostorsko predstavitevno risbo, ki sodi v področje 3D oblikovanja, smo v oddelku uvedli zaradi lažjega in predvsem boljšega usklajevanja ter medsebojnega sodelovanja z ostalimi oddelki v Gorenju. Povsem praktičen namen pa je bil tudi ta, da na izbranem področju v razvojno delo najširše vključimo računalnik, ki je danes bolj kot kadarkoli sopotnik razvoja.

Če je še pred nekaj leti končna prostorska predstavitvena risba temeljila le na ročni obdelavi, je danes povsem drugače. Svet idej, ki jih v praksi še vedno oblikujemo v izvorni osebni risbi, imenovani skica ali tudi študijska in konstrukcijska risba, je mogoče oblikovati v bogato paletu končnih vizualnih in materialnih podob. Ko je govor o predstavitveni prostorski risbi, na eni strani govorimo o 2-D risbi, na drugi pa o risbi, ki upodablja 3-D prostor. Računalniška programska orodja današnjega časa omogočajo oblikovanje tako imenovanega virtualnega prostora z širokimi možnostmi pri njegovem načrtovanju in prikazovanju.

V skupino računalniških programskih orodij, ki omogočajo načrtovanje in prikazovanje virtualnih modelov, sodi tudi programsko okolje Rhinoceros (slika 14).

Slika 14: Programski paket Rhinoceraos (verzija 3.0)



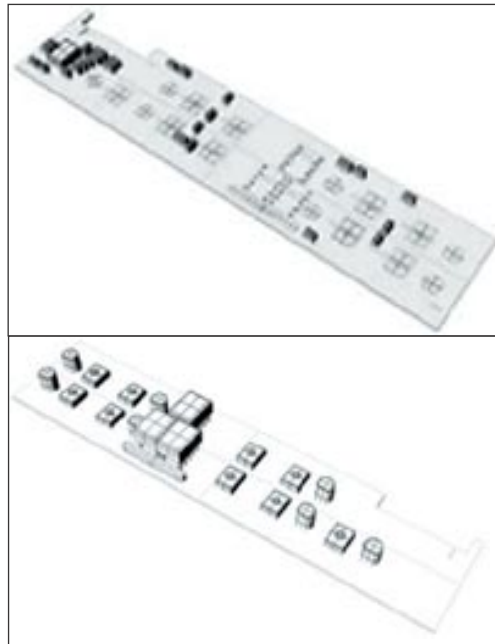
Rhinoceros je le eno od novejših programskih orodij, ki omogočajo NURBS modeliranje (NURBS model lahko vsebuje najzahtevnejše oblike) in upodobitveno prikazovanje. Njegova kvaliteta je v tem, da je uporabniško enostavno, vendar zelo zmogljivo orodje. Metoda NURBS načrtovanja je v izbranem programskem orodju predstavljena s široko paletu uporabniških orodij, ki omogočajo snovanje najzahtevnejših linijskih, ploskovnih in tudi prostorskih oblik.

Pravzaprav je brez izrazitih prostorsko-tehničnih omejitev, ki so bile še do nedavnega prisotne pri oblikovanju klasične predstavitvene risbe. Povsem zadovoljivo deluje na vseh novejših osebnih računalnikih z Windows okoljem in je kot tako dostopno širšemu krogu uporabnikov. Primerno je za začetnike, ki se prvič srečujejo z virtualnim modeliranjem kakor tudi za najzahtevnejše uporabnike (na primer v oblikovalski stroki).

Ena od pomembnejših značilnosti virtualnih modelov, ki jih je mogoče oblikovati s programskim orodjem Rhinoceros, je ta, da so uporabni tudi v drugih sorodnih programskih orodjih. Osnovni model datoteke \*.3DM je mogoče izvoziti tudi v drugih formatih, na primer DWG, DXF, VRML itn. Prav tako so virtualni modeli v programskem orodju Rhinoceros uporabni tudi za izdelavo datotek, ki lahko predstavljajo predpripravo modela na CNC - strojnih orodjih, mogoče jih je tudi pregledovati v različnih pregledovalnikih ali pa jih uporabiti v procesu animacije, na primer v programskem orodju MAYA in drugih.

Slika 16: Prikaz 3D pogleda na spodnje elemente upravljalnega modula G-HZA-02

Slika 15: Prikaz 3D pogleda na zgornje elemente upravljalnega modula G-HZA-02



## 7. Zaključek

V delu je obravnavana problematika razvoja povezljivih inteligentnih elektronskih sklopov za gospodinjske aparate Gorenje v Inteligentni dom, ki je ciljni projekt našega oddelka. Ko govorimo o inteligentnih aparatih, imamo v mislih aparate, ki uporabniku nudijo poleg osnovnih funkcij še dodatne funkcije. Le-te predstavljajo dodatek za lažje rokovanje s strojem, za vzdrževanje stroja in za ekonomično uporabo.

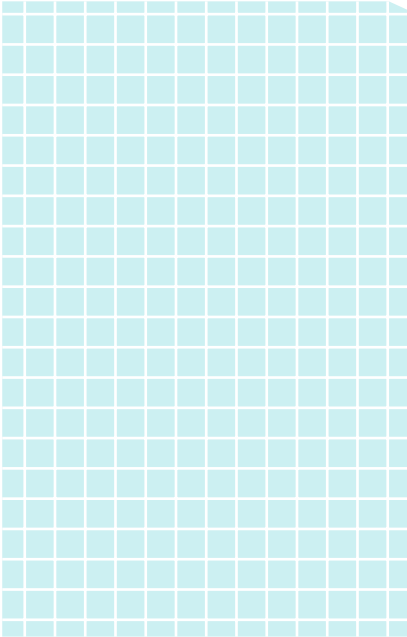
Posegamo tudi na področje koncepta hišne avtomatizacije ter aparatov, ki so zanj potrebni, določimo izhodišča in cilje projekta Inteligentni dom ter podamo možno strukturo hišnega strežnika. Predstavljeno je okolje Inteligentnega doma Gorenje in na primeru G-HZA-02 prikazan postopek razvoja elektronskega sklopa za Inteligentni dvokompresorski hladilno-zamrzovalni aparat.

Z upoštevanjem vseh omejitev smo se izognili velikim odstopanjem v fazi proizvodnje tiskanega vezja, v fazi izdelave elektronskega sklopa ter v fazi vgradnje sklopa v aparat

Pri razvoju in konstrukciji sklopa G-HZA-02 se srečamo z različnimi omejitvami in zahtevami s strani konstruktorjev aparata, izdelovalca tiskanih vezij ter sestavljalca elektronskih sklopov. Tako smo se z upoštevanjem vseh omejitev izognili velikim odstopanjem v fazi proizvodnje tiskanega vezja, v fazi izdelave elektronskega sklopa ter v fazi vgradnje sklopa v aparat.

Namen tehnoeekonomske analize je celovito oceniti upravičenost investicije. Na kratko smo predstavili princip tehnoeekonomske analize, podali izhodišča za ocenitev stroškov in koristi ter izračunali





donosnost skozi praktična primera nakupa prototipnega rezkalca za izdelavo manjših prototipnih serij tiskanih vezij in klimatske komore, ki je namenjena testiranju elektronskih sklopov pod ekstremnimi temperaturnimi pogoji ob prisotnosti vlage. Po opravljeni analizi iz dobljenih rezultatov sklepamo, da interna stopnja donosnosti projekta Rezkalec znatno presega običajne stopnje donosnosti za investicijska vlaganja in znaša 88,26 % pri upoštevanju diskontni stopnji 8 % letno, pri drugem primeru pa iz dobljenih rezultatov vidimo, da je interna stopnja donosnosti projekta nekoliko manjša, ampak še vedno presega običajne stopnje donosnosti za investicijska vlaganja in znaša 25,74 %. V obeh primerih bi lahko v izračunu razen finančnega vidika upoštevali tudi širši ekonomski pomen in posredne koristi investicije ter s tem povečali njuni rentabilnosti. Zanimiva sta podatka, da znašata grobi oceni za dobo vračanja investicije projekta Rezkalec 2 leti, za projekt Klima-komora pa od 5 do 6 let.

Za konec je bila predstavljena tudi nova linija povezljivih aparatov Gorenje in pogled v prihodnost!