

**ARHITEKTURA UPRAVLJAČKIH MIKRORAČUNALA
I NJIHOVO
POVEZIVANJE S OKOLINOM
(Ia)**

**(Korištenje dozvoljeno samo u okviru predmeta
RAČUNALA I PROCESI)**

Mario Žagar

Fakultet elektrotehnike i računarstva

Zagreb 1994.

SADRŽAJ

20.1 ARHITEKTURA UPRAVLJAČKIH MIKRORAČUNALA

- 20.1.1 UVOD
- 20.1.2 JEDNOČIPNA MIKRORAČUNALA
- 20.1.3 ZAKLJUČAK UZ PRVU CJELINU

20.2 POVEZIVANJE MIKRORAČUNALA I OKOLINE

- 20.2.1 UVOD
- 20.2.2 SABIRNIČKI PROTOKOLI
- 20.2.3 SERIJSKO POVEZIVANJE
- 20.2.4 PARALELNO POVEZIVANJE
- 20.2.5 ZAKLJUČAK UZ DRUGU CJELINU

20.3 PRIMJERI POVEZIVANJA MIKRORAČUNALA I OKOLINE

- 20.3.1 UVOD
- 20.3.2 MJERENJE VREMENA KORIŠTENJEM RTCC SKLOPA U MIKROKONTROLERU PIC16C54
- 20.3.3 MJERENJE FREKVENCIJE ELEKTRIČNE MREŽE
- 20.3.4 IDENTIFIKACIJA OSOBA I OTVARANJE VRATA
- 20.3.5 ZAKLJUČAK UZ TREĆU CJELINU

LITERATURA

20.1 ARHITEKTURA UPRAVLJAČKIH MIKRORAČUNALA

20.1.1 UVOD

Dvadesetak godina u povijesti je relativno kratko razdoblje pa ipak u području računarstva, a posebno u razvoju mikroračunala, dogodile su se značajne promjene i pomaci.

Pojavom prvog mikroprocesora (četverobitni Intel 4004, 1971.g.) i njegovih neposrednih nasljednika (I4040, I8008) uz koje je bilo potrebno više od dvadesetak komponenata za izgradnju cjelovitog mikroračunalnog sustava, za današnje pojmove veoma skromnih mogućnosti, otvoreno je jedno novo područje, područje mikroračunarstva koje uključuje mikroračunalnu tehnologiju, programsku podršku i specifičan pristup projektiranju, testiranju i primjeni mikroračunala. Osnovna obilježja su:

- preuzimanje postojećih znanja i rješenja primjenjenih u izgradnji velikih računala i njihov prijenos na mikroračunala,
- osvajanje i preuzimanje tržišta velikih računala,
- osvajanje novih područja primjene gdje prije toga računalo kao sastavni dio uređaja (okoline) nije bilo pojmljivo,
- utjecaj na druga srodna područja i poticaj njihovom razvoju.

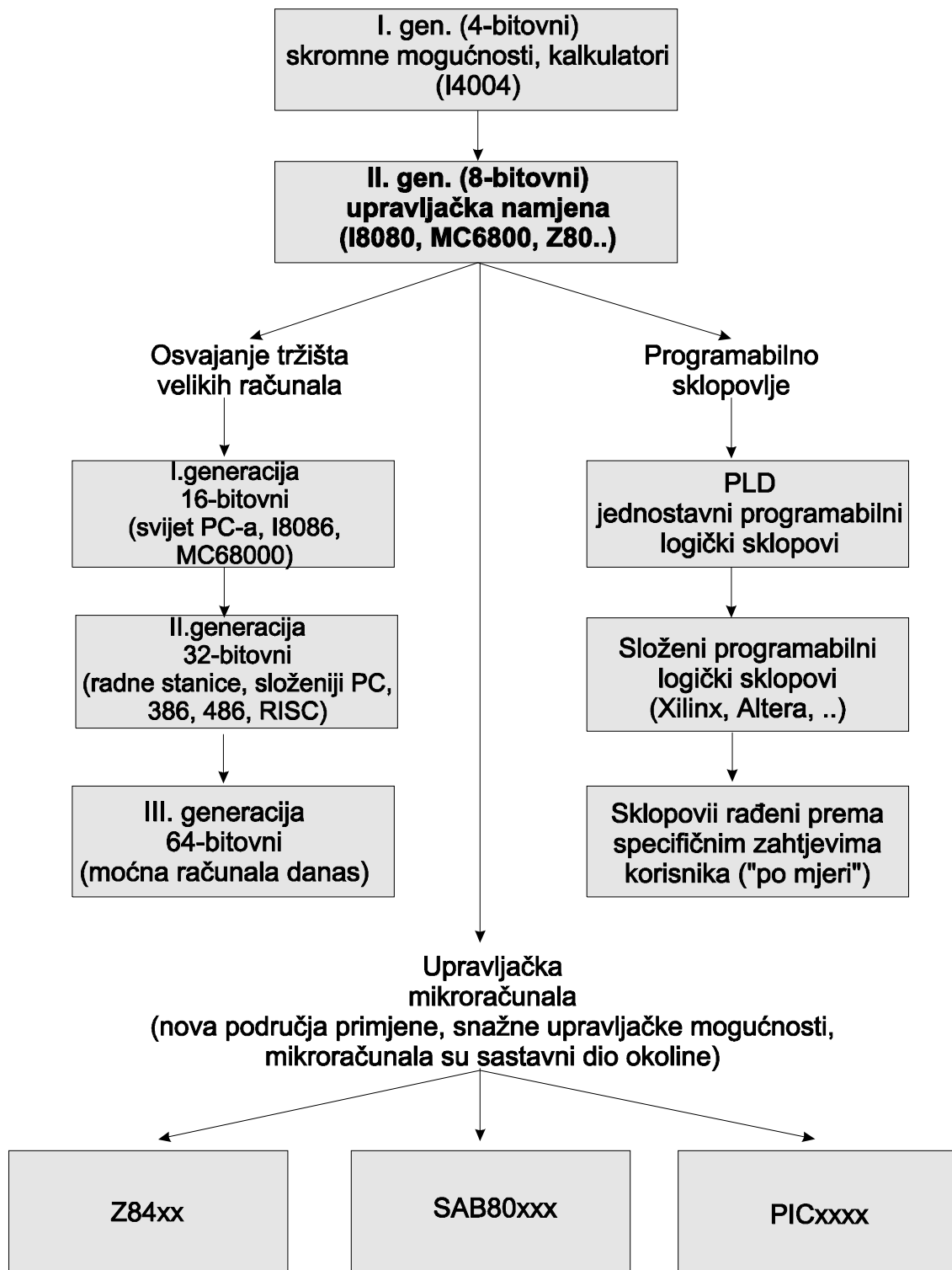
Rezultat dosadašnjeg razvoja je takav da pojmovi računalo i mikroračunalo postaju sinonimi. Danas i najsnažnija računala kao središnji procesor koriste mikroprocesor. Mogli bismo dakle reći da su današnja računala uglavnom mikroračunala (prema definiciji mikroračunala kao računalnog sustava čiji je procesor realiziran kao mikroprocesor).

Takva definicija danas se ne koristi. Osim opisivanja izvedbe procesora uvodimo i neke druge karakteristike. Prije svega to je cijena, cjelovita arhitektura računalnog sustava, njegova uža okolina kao npr. izvedba memorije, vanjskih jedinica te područja namjene.

Nakon pojave prvih mikroprocesora daljnji razvoj kretao se u tri osnovna pravca (slika 1.1):

- arhitekture namijenjene osvajanju tržišta velikih računala (generacije 16, 32, 64 bitnih mikroprocesora, ...),
- upravljačka mikroračunala (integracija funkcija u jednom čipu, ...),
- programabilno sklopovlje (izgradnja mikroračunalnih komponenata po mjeri problema, ...).

Mikroračunarstvo uključeno u prvu granu (slika 1.1), osvajanje tržišta velikih računala, je danas jedno od najdinamičnijih područja, uključuje vrhunsku tehnologiju uz učešće najvažnijih i najvećih svjetskih tvrtki u ovom području. Izdvajaju se ogromna sredstva u istraživanje i usavršavanje novih arhitektura, sve boljih tehnologija, razvoj programske podrške (operacijskih sustava i aplikacija). Osnovna je zadaća ostvariti što bolje odnose cijena/moć obrade dakle ostvariti veliku procesnu moć, veliki kapacitet osnovne i masovne memorije, složene vanjske jedinice za unos i prikaz podataka. Danas smo veoma blizu višemedijskim sučeljima za komunikaciju među ljudima i strojevima u svakodnevnom životu te stvaranju globalne mreže računala na svjetskoj razini. Pri tome



Slika 1.1: Razvoj jednočipnih mikroračunala

je potrebno naglasiti da i u našoj sredini postoje temelji prethodno opisane koncepcije i pristupa problematici globalnog povezivanja. Za sad su to još usamljene oaze, ali one ukazuju na putove kojima treba ići.

Razrađujemo li dalje ideju globalnog povezivanja (umrežavanja) računala i mogućnosti razmjene podataka, potrebno je promijeniti i način razmišljanja kod ljudi jer se najčešće pod razmjenu podataka misli na komunikaciju među ljudima (elektronička pošta), poslovanje tvrtke (materijalno poslovanje, plaće, ..), a tek u drugom planu je povezivanje i komunikacija među računalima u cilju razmjene podataka dobivenih iz okoline, procesa u kojima pojedina računala sudjeluju kao sastavni dio nadzora, prikupljanja podataka, njihove obrade i pretvaranja u kvalitetne informacije.

U posljednje vrijeme sve je veći naglasak upravo na ovom segmentu pa je stav autora da svaki uređaj već danas, a definitivno sutra treba imati dva mrežna priključka, jedan za energetska mrežu, a drugi za povezivanje na globalnu mrežu za razmjenu informacija. Ulazimo dakle u područje gdje je potrebno u svaki uređaj, mjerni instrument, alat, i dr. ugraditi odgovarajuće računalo (mikroročunalo) koje će imati višestruku zadaću - zamjenu dosadašnjih funkcija rješavanih na klasičan način, ali i novu kvalitetu koja prvenstveno podrazumijeva komunikaciju s okolinom. Na slici 1.2 prikazan je dio takve globalne mreže koji uz put nije teoretska ideja već je prikaz jedne konkretne realizacije globalnog umrežavanja na Fakultetu elektrotehnike i računarstva u Zagrebu..

U okruženju prikazanom na slici 1.2 postoji velika potreba za komercijalnim, snažnim, visokoserijskim jeftinim mikroročunalima, ali i za mikroročunalima koja će postati sastavni dio okoline, nekog uređaja u koji se ugrađuju.

Dolazimo do današnje definicije mikroročunala koja podrazumijeva izvedbu središnjeg procesora kao mikroprocesora, male dimenzije, malu potrošnju, rad u stvarnom vremenu, nisku cijenu koštanja. Želimo li primijeniti mikroročunala u uređajima kao što su glačala, mikrovalne pećnice, te npr. za grijanje stana uz uštedu energije, sigurnosni sustav kuće, automobila, u lokomotivama, avionima, brodovima, hladnjačama, potrebno je pojedinačno pristupiti svakom od navedenih i nizu drugih područja. Treba shvatiti bit problema i pronaći najbolje rješenje (u računarskom ali i svekolikom pogledu) kako bi rezultat bio nova kvaliteta uređaja. U tom smislu u daljnjem tekstu pokušava se čitatelju približiti stanje i mogućnosti današnjih upravljačkih mikroročunala te ukazati na načine njihova povezivanja s okolinom kako standardnim postupcima i rješenjima tako i vlastitim pristupom i kreativnošću.

U nastavku je obrađeno područje koje ćemo zvati JEDNOČIPNA UPRAVLJAČKA MIKOROAČUNALA ili MIKROKONTROLERI (eng. Single Chip Microcontroller) podrazumijevajući minimalan broj komponenata potrebnih za realizaciju nadzornih i upravljačkih funkcija ali i ostvarivanje dovoljne procesorske snage potrebne za rješavanje postavljenih zadataka. Jednočipno upravljačko mikroročunalo, druga grana na slici 1.1, je u ovom tekstu sinonim za mali broj komponenata, jednostavnu realizaciju cjelovitog rješenja mikroročunala, manju cijenu realizacije uređaja (mala tiskana pločica, mala potrošnja, male dimenzije, veća pouzdanost) sve u cilju ostvarivanja računalne podloge za primjenu u "egzotičnim" područjima od glačala do lokomotive.

Sasvim konkretno u nastavku su opisana tri pristupa i moguća rješenja za današnji trenutak razvoja mikroračunalne tehnologije. To su:

- prilagodba komercijalnog, visokoserijskog rješenja (npr. Zilog Z80) svojstvima jednočipnog mikroračunala (npr. Z84C15, Z84C11),
- ideja jednočipnog mikroračunala prilagođena mjernim i upravljačkim funkcijama (Siemens SAB 80515/80535),
- doslovno shvaćanje ideje jednočipnog upravljačkog mikroračunala kroz ideju MicroChip PIC16C54 koji je potpuna integracija funkcija računala u jednom čipu uz zanimljiv pristup rješavanju arhitekture računala s ograničenim skupom naredaba (Reduced Instruction Set Computer - RISC), za razliku od ideje računala sa složenim skupom naredaba (eng. Complex Instruction Set Computer - CISC).

Treća grana (slika 1.1) sve je interesantnija u primjeni zbog razvoja tehnologije i sve većih mogućnosti uz smanjenje cijene izvedbe dakle približavanje financijskoj opravdanosti primjene. To je projektiranje i izgradnja mikroračunalnih komponenata po mjeri problema. Ovaj pristup u sprezi je s prethodno opisanim i ima niz dodirnih točaka ali zbog ograničenog prostora neće biti detaljnije obrađivan.

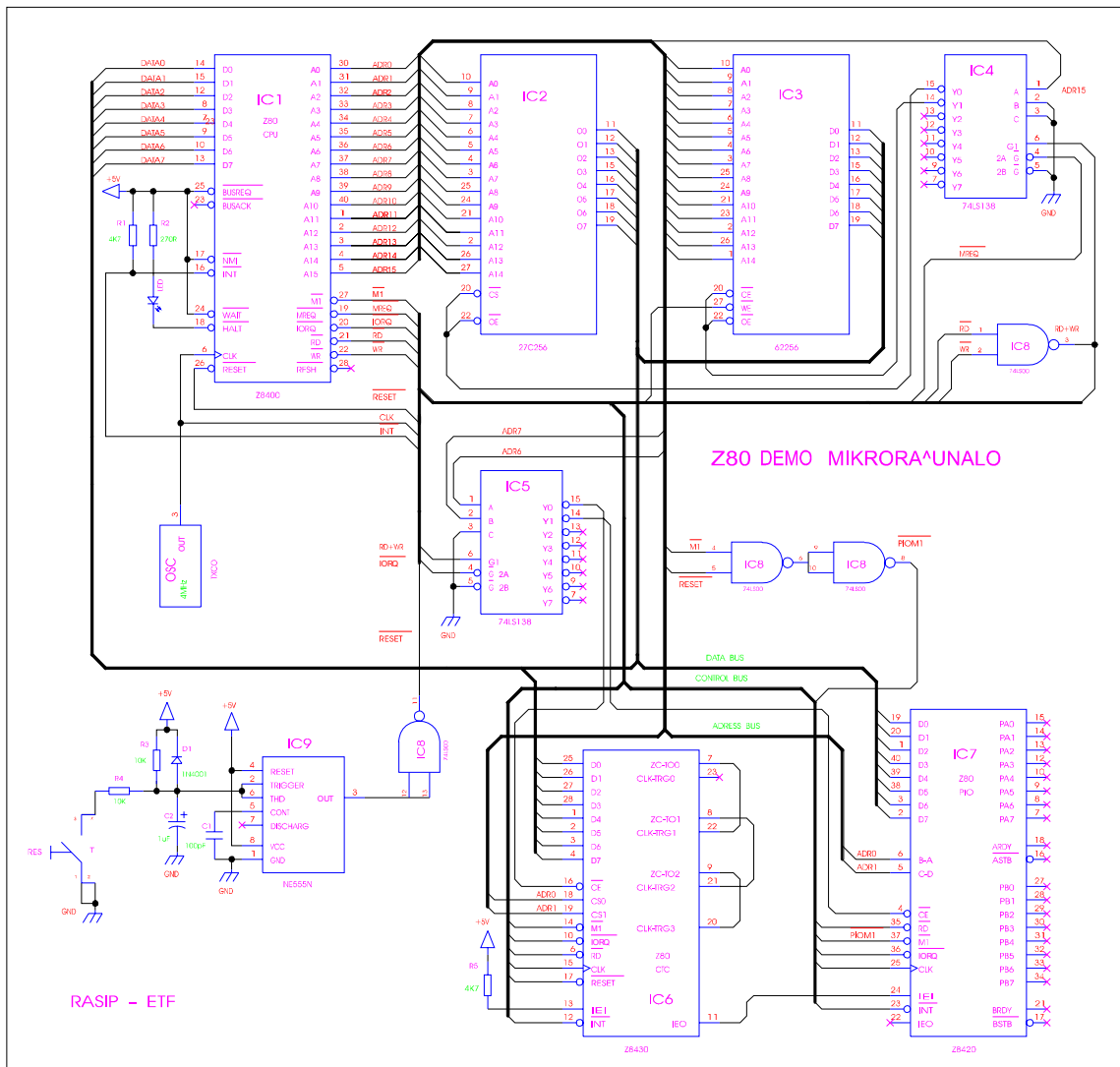
20.1.2 JEDNOČIPNA UPRAVLJAČKA MIKRORAČUNALA

Zilog 84C15/84C11

Nakon uspješnog projekta koji je rezultirao proizvodnjom i širokom primjenom jednog od najpopularnijih 8-bitovnih mikroprocesora Z80, tvrtka Zilog nije imala većih uspjeha u području 16-bitovnih i 32-bitovnih mikroprocesora. No u području perifernih komponenata i dalje je zadržala značajno mjesto, a u zadnje vrijeme naročito je interesantan pokušaj da se na temelju uspjeha Z80 ponudi tržištu **familija visokointegriranih komponenata nazvanih "Inteligentni periferni kontroleri"** (eng. Intelligent Peripheral Controllers (IPC)). Pri tome je osnovna ideja objediniti već postojeće komponente familije Zilog Z80 u jedno kućište, zadržati postojeći Z80 kod i dodati novosti i poboljšanja.

Za familiju Z80 postoji u svijetu velik broj razvojnih sustava, biblioteka funkcija i gotovih aplikacija, a ne manje važan je znatan broj inženjera i njihovo iskustvo u projektiranju i održavanju sustava temeljenih na procesoru Z80. Realizacija klasičnog mikroračunalnog sustava (slika 1.3) pomoću Z80 mikroprocesora i dodatnih komponenata CPU(eng. Central Processing Unit), PIO(eng. Parallel Input Output), CTC(eng. Counter Timer Circuit)) je danas jednostavna i poznata širem krugu inženjera, a bitno je napomenuti i lakoću dobavljalivosti komponenata te nisku cijenu koštanja (npr. Z80 mikroprocesor košta manje od 1 \$).

Rezultat rada na usavršavanju dobrih osobina familije Z80 i smanjivanju nedostataka



Slika 1.3: Realizacija mikroračunala pomoću klasičnih Z80 komponenta

je familija komponenta među kojima su najinteresantnije Z84C15 (inteligentni periferni kontroler) i Z84C11 (paralelni ulazno-izlazni kontroler). Detaljnije informacije o vremenskim dijagramima, svojstvima, opisu registara, opisu naredaba i načinu njihova izvođenja mogu se pronaći u dokumentaciji proizvođača te u literaturi kao što je (M.Žagar i dr. "Uvod u mikroračunala"), a u nastavku će biti opisani samo detalji koji razlikuju IPC familiju od klasične Z80 familije.

Z84C15 je visokointegrirana komponenta koja u 100-pinskom QFP (eng. Quadruple Flat Pack) kućištu objedinjuje više klasičnih Z80 komponenta (slika 1.4).

Poboljšanja familije IPC u usporedbi s Z80

Ukratko, poboljšanja možemo opisati kao:

- integracija više mikroprocesorskih komponenata u jednu,
- tehnološko usavršavanje i poboljšanje,
- dodavanje novih funkcija i dodatne logike potrebne za izgradnju mikroročunalnog sustava.

Integracijom komponenata pojednostavnjuje se projektiranje jer su veze među njima već tvornički riješene, smanjuju se dimenzije tiskane pločice i njezina izvedba, a također se smanjuje potreba za dodatnim pojačalima jer su komponente blizu.

Tehnološko usavršavanje omogućuje veće brzine takta koje se kreću od 10 do 20 MHz uz realizaciju u CMOS tehnologiji dakle smanjenje potrošnje i manja osjetljivost na grješke. Uvedeni su različiti modovi rada (područje miliampera i mikroampera) te veća tolerancija napona napajanja (5V +/- 10%).

Dodatna svojstva uključuju ugrađen generator, kontroler vremenskog signala (eng. Clock Generator Controller (CGC)), sklop za kontrolu ispravnog rada (eng. Watch Dog Timer (WDT)), filtar za CLK/TRG ulaze na CTC komponenti, ugrađen RESET kod uključivanja, dodatni signali izbora (selektiranja) vanjskih komponenata (npr. memorijskih čipova), 32-bitovna polinomska provjera ispravnosti (eng. Cyclic Redundancy Check (CRC)), izvor WAIT signala i niz drugih poboljšanja.

100-pinsko kućište uključuje 16 adresnih vodova, 8 linija podataka, 20 linija ulazno-izlaznih signala (PIO), 8 signala CTC sklopa za mjerenje/brojenje vremenskih impulsa, 4 linije (2 x +5V, 2 x GND), 15-tak signala za dva kanala SIO komponente (serijski ulaz-izlaz). Preostalih 30-tak pinova predstavlja priključke za oscilatore, zahtjeve za prekid, izbor memorijskih komponenata i druge upravljačke i kontrolne funkcije mikroprocesora.

Koristeći opisanu komponentu za upravljačke namjene, raspolažemo visokointegriranim mikroprocesorom kojemu je za izgradnju mikroročunala potreban minimalni dodatak (memorija). Brzina izvođenja jednostavnih naredaba kreće se oko 200 - 400 ns, potrošnja je prilagodiva od aktivnog rada (41 mA), rada u pričuvi (60 μ A) te zaustavljanja i čekanja na vanjski događaj koji će pokrenuti obradu (0.5 μ A).

Mogući su priključci prema vanjskom svijetu preko dva kompletna serijska kanala, dva 8-bitovna porta (16 dvosmjernih U/I linija i 4 linije za kontrolu prijenosa), 4 kanala koji služe kao mjerači/ brojači vanjskih impulsa. Korištenjem upravljačkih signala moguće je proširiti integrirano rješenje pri čemu su jedina ograničenja karakteristike i arhitektura Z80 familije.

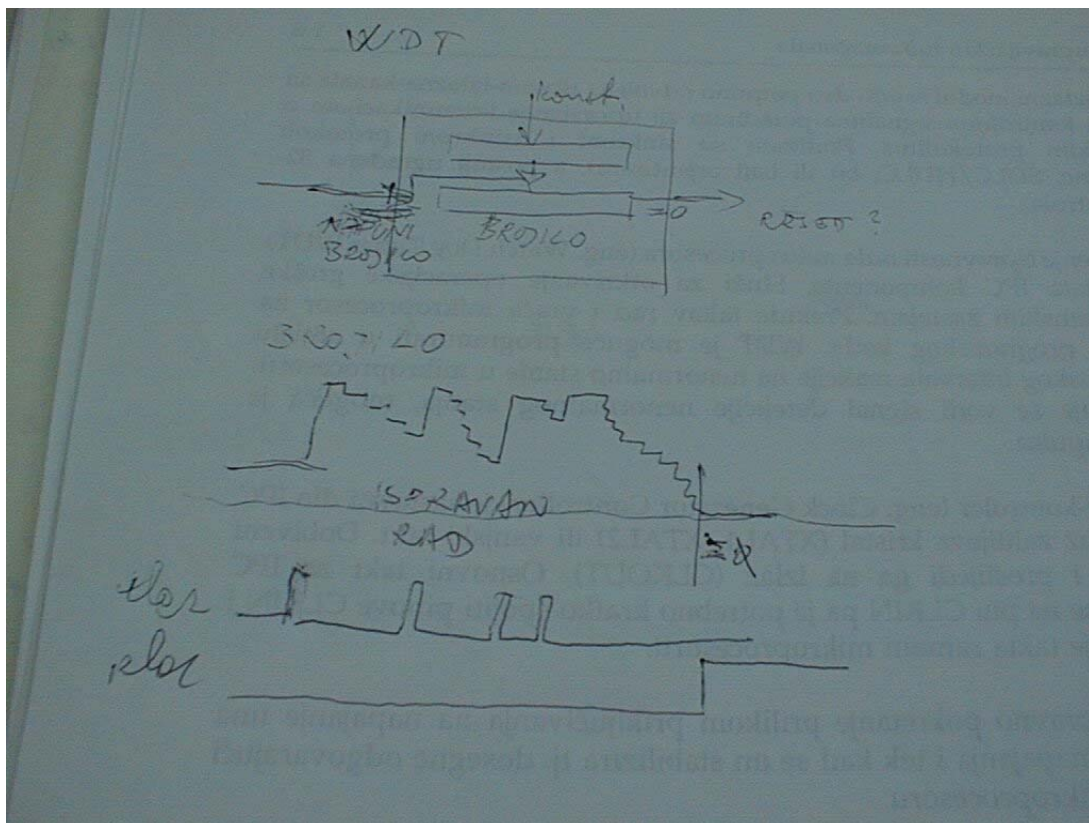
Paralelni ulaz-izlaz kao podmodul omogućuje komunikaciju između TTL ili CMOS vanjskog sklopovlja i mikroprocesora preko dva 8-bitovna porta. Portovi imaju nekoliko modova rada (ulazni, izlazni, dvosmjerni port, 8 bitova) ili pojedinačna kontrola i smjer svakog pina. Organizacija zahtjeva za prekid moguća je tako da svaka promjena stanja pojedinog pina ili grupe pinova izazove zahtjev za prekid (prekidni vektor) koji usmjerava daljnju obradu prekida.

Ulazno-izlazni sklop namijenjen brojenju vanjskih impulsa ili mjerenju vremenskih

intervala (CounterTimer Circuit CTC) ima četiri odvojena kanala. U osnovi su oba načina rada slična, samo se kod vremenskog sklopa kao izvor impulsa upotrebljava signal vremenskog vođenja iz Z80 sustava, a kod brojila impulsa to je ulaz (CLK/TRG) u neki od kanala.

Serijski ulazno-izlazni modul sadrži dva potpuno odvojena ulazno-izlazna kanala sa svim popratnim kontrolnim signalima potrebnim za upravljanje komunikacijom u različitim serijskim protokolima. Podržani su sinkroni i asinkroni protokoli (monosync, bisync, SDLC/HDLC, bit ili bajt orjentirani), a postoji ugrađena 32-bitovna CRC kontrola.

Sklopovlje za praćenje ispravnosti rada mikroprocesora (eng. Watch Dog Timer WDT) je dodatna kvaliteta IPC komponente. Služi za otkrivanje operacijske greške uzrokovane programskim zastojem. WDT prekida takav rad i vraća mikroprocesor na početak izvođenja programskog koda. Moguće ga je programirati u smislu određivanja vremenskog intervala reakcije na nenormalno stanje u mikroprocesoru. Ovisno o tome gdje se vodi signal detekcije nenormalnog stanja, moguća je prilagodba širine impulsa.



Vremenski generator-kontroler (eng. Clock Generator Controller) je sastavni dio IPC komponente. Kao ulaz zahtijeva kristal (XTAL1, XTAL2) ili vanjski takt. Dobiveni ulaz podijeli s dva i prosljedi ga na izlaz (CLKOUT). Osnovni takt za IPC komponentu dovodi se na pin CLKIN pa je potrebno kratko spojiti pinove CLKIN i CLKOUT za dovođenje takta samom mikroprocesoru.

Logička jedinica za ispravno pokretanje prilikom priključivanja na napajanje ima zadatak motriti napon napajanja i tek kad se on stabilizira tj. dosegne odgovarajući prag, dozvoljava rad mikroprocesoru.

Generator signala čekanja (eng. Wait State Generator) može generirati 0 do 3 wait stanja u memorijskom pristupu i 0 do 6 stanja u ulazno-izlaznom pristupu što omogućuje prilagodbu sporijih vanjskih jedinica i memorija radu mikroprocesora.

Izbor vanjskih komponenata također je riješen unutar IPC komponente. U dekodiranju učestvuje registar CSBR (eng. Chip Select Boundary Registrar) sa dva četverobitna podregistra kojima su pridruženi odgovarajući pinovi CS0 i CS1 (eng. Chip Select). Svaki Chip Select aktivan je kada je zadovoljen uvijet:

/CS0: (D3-D0 od CSBR) \geq A15-A12 \geq 0

/CS1: (D7-D4 od CSBR) \geq A15-A12 > (D3-D0 od CSBR)

Ove je signale moguće iskoristiti za dekodiranje vanjske memorije.

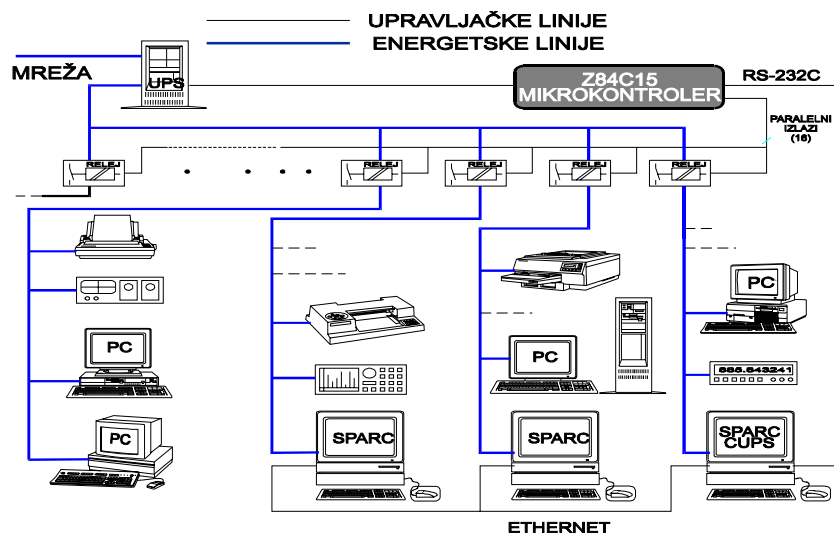
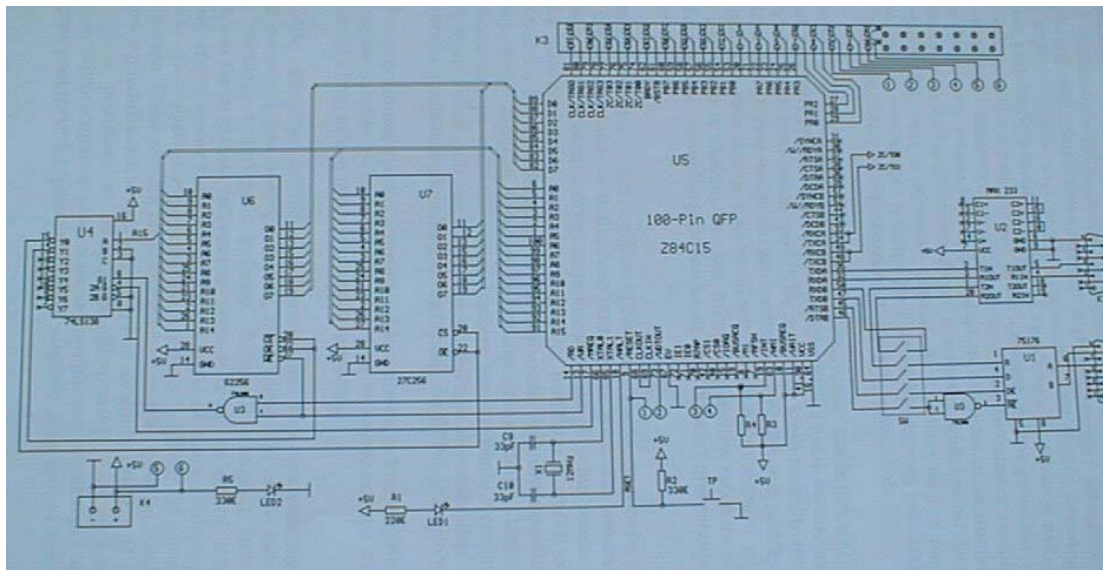
IPC ima i **dodatne programske mogućnosti izbora dijeljenja takta, RESET logike, generiranja 32-bitnog CRC-a** (upotrebljava se u protokolu V.42 i izgleda: $X_{32} + X_{26} + X_{23} + X_{22} + X_{16} + X_{12} + X_{11} + X_{10} + X_8 + X_7 + X_5 + X_4 + X_2 + X + 1$) umjesto originalnog 16-bitnog.

Također postoji mogućnost odabira tzv. **moda testiranja** (eng. Evaluation mode) koji korisniku dozvoljava **zamjenu mikroprocesora unutar IPC-a s vanjskim mikroprocesorom (Z80)**. Unutarnji CPU je odspojen (ako je EV pin spojen na Vcc kod uključivanja na napajanje) i svu kontrolu nad preostalim komponentama unutar IPC-a preuzima vanjski procesor. Taj je mod prikladan u fazi razvoja jer je omogućen priključak IPC-a na različite razvojne alate.

Primjer kompletne realizacije mikroračunala temeljenog na komponenti Z84C15 dan je na slici 1.5. Za usporedbu sa klasičnom realizacijom (slika 1.3), ovdje je ostvarena i serijska komunikacija (2 kanala) uz sva poboljšanja opisana u tekstu te realizacija u SMD (eng. Surface Mounted Devices) tehnologiji (površinsko montiranje i lemljenje).

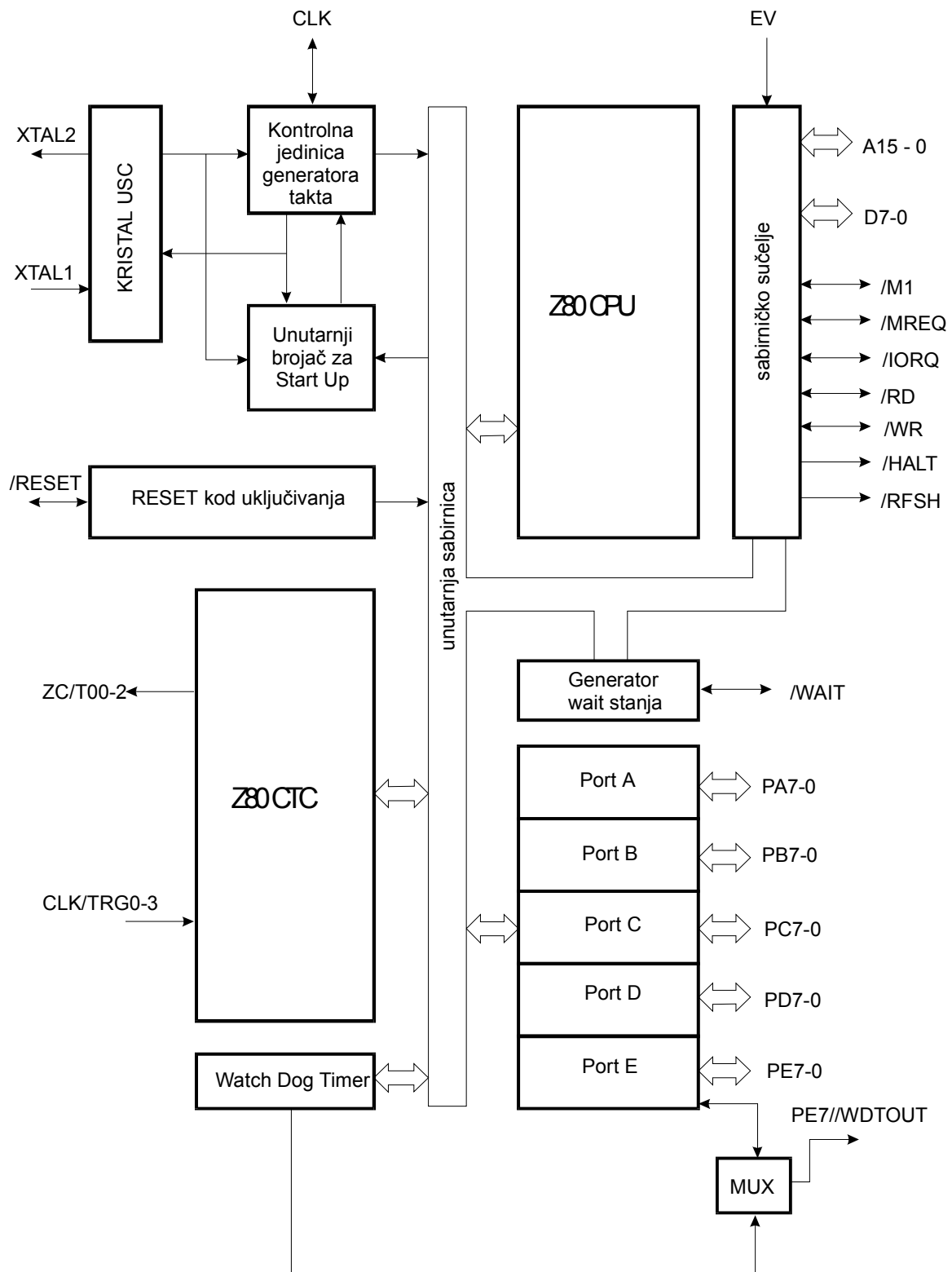
Na slici 1.6 prikazana je okolina za koju je sustav namijenjen. To je prikupljanje podataka o stanju energetske mreže na Zavodu za automatiku i procesno računarstvo, Fakulteta elektrotehnike i računarstva u Zagrebu te upravljanje neprekidnim izvorom napajanja UPS (eng. Uninterruptable Power Supply) i priključenim potrošačima u slučaju trajnijeg nestanka primarnog izvora električne energije.

Jedan serijski kanal primjenjenog sustava koristi se za komunikaciju s neprekidnim izvorom napajanja kojemu se zadaju zahtjevi za mjerenje pojedinih veličina i prikupljanje podataka o njima. Drugi serijski kanal koristi se za komunikaciju s nadređenim računalom u mreži, gdje se pohranjuju i dodatno obrađuju dobiveni podaci. Rezultati u obliku grafičkih prikaza i numeričkih podataka mogu se dobiti na bilo kojem računalu u svijetu priključenom na Internet mrežu (više od 2.000.000 računala). Šesnaest ulazno-izlaznih vodova spojenih preko dodatnog modula s galvanskim odvajanjem služe za uključivanje/isključivanje pojedinih dijelova energetske mreže u slučaju trajnijeg nestanka primarnog izvora električne energije. Pri tome se koriste različiti algoritmi koji omogućuju optimalno iskorištavanje priključene opreme u otežanim okolnostima.



Slika 1.6: Prikupljanje podataka o stanju energetske mreže i upravljanje potrošnjom

Z84C11



Slika 1.7: Funkcijski dijagram komponente Z84C11

Z84C11 paralelni ulazno-izlazni kontroler (eng. Parallel Input/Output Controller (PIC)) pripada porodici Z80 kompatibilnih mikroprocesora. Konceptijom je sličan IPC Z84C15 ali je umjesto integracije Z80 SIO i PIO komponente naglasak na većem broju digitalnih ulaza-izlaza. Ima pet 8-bitnih paralelnih portova s ukupno 40 programabilnih ulazno-izlaznih digitalnih linija (slika 1.7). Područje primjene ove komponente je dakle tamo gdje nije potrebna zahtjevna komunikacija, a ima potrebe za priključivanjem većeg broja signala iz vanjskog svijeta. Sve ostalo vrijedi kao i za prethodno opisanu komponentu.

