

# 1. UVODNO POGLAVLJE

## 1.1. Mikroprocesor

**Mikroprocesor** je složeni programski upravljivi sklop koji pribavlja, dekodira i izvršava instrukcije. Dakle, mikroprocesor odgovara po funkciji i namjeni centralnoj procesnoj jedinici digitalnog računala. On se izvodi u tehnologiji visokog ili vrlo visokog stupnja integracije (LSI – Large Scale Integration, VLSI – Very Large Scale Integration).

Većina se mikroprocesora izvodi kao jedan čip<sup>1</sup>, a neki se ostvaruju s više čipova (npr. 32-bitni mikroprocesor iAPX 432).

Mikroprocesor saobraća s memorijskim i ulazno-izlaznim modulima digitalnog sustava: pribavlja instrukcije ili naredbe, te prima, obraduje i šalje podatke.

Mikroprocesor, kao centralna procesna jedinica, ima **sklopove za rukovanje podacima i upravljače sklopove**.

**Sklopovi za rukovanje podacima** sastoje se od:

- *aritmetičko-logičke jedinice* koja izvodi aritmetičke i logičke operacije,
- *akumulatora* koji se upotrebljavaju za privremeno pohranjivanje operanada što sudjeluju u aritmetičkim ili logičkim operacijama, te za privremeno pohranjivanje rezultata i ulazno-izlaznih podataka,
- *registara opće namjene* za pohranjivanje operanada i medurezultata,
- *registara uvjeta* ili *status-registara* gdje se pojedini bitovi automatski postavljaju prema rezultatima operacije aritmetičko-logičke jedinice ili stanja centralne procesne jedinice,
- *adresnih registara* koji sadrže adresu u postupku pribavljanja podataka ili instrukcija,
- *relokacijskih* ili *segmentnih registara* koji se upotrebljavaju kao kazala za pojedine memorijske segmente u memorijskom prostoru.

Mikroprocesori, već prema arhitekturi imaju sve ili samo neke od nabrojenih komponenata.

**Upravljački sklopovi** sastoje se od:

- posebnog adresnog registra – *programskog brojila* koje sadrži adresu sljedeće instrukcije,
- *instrukcijskog registra* gdje se nalazi operacijski kod instrukcije koja se upravo izvršava,
- *niza registara pretpribavljenih instrukcija*,

□ *sklopova za dekodiranje* koji dekodiraju operacijski kod instrukcije i pobuduju slijed upravljačkih signala<sup>2</sup>,

□ *sklopova za vremensko vođenje i upravljanje* koji, pobudeni signalima vremenskog vođenja osnovnog generatora, daju unutrašnje i vanjske upravljačke signale za vremensko vođenje, sinkronizaciju i upravljanje prijenosom podataka.

Slika 1.1 prikazuje pojednostavljenu blok-shemu dvaju 16-bitnih mikroprocesora s označenim komponentama za rukovanje podacima i upravljanje.

## 1.2. Mikrorračunalo i mikrorračunalski sustav

**Mikrorračunalo** je računalo koje ima centralnu procesnu jedinicu izvedenu u tehnologiji VLSI ili LSI, memoriju s izravnim pristupom (RAM – Random Acces Memory), ispisnu memoriju (ROM – Read Only Memory), ulazno-izlazne (U/I) međusklopove, generator signala vremenskog vođenja, pomoćne sklopove (izvor napajanja, sklop za upućivanje i sl.). Mikrorračunalo može imati i druge module posebne namjene, kao što su npr. memorijska upravljačka jedinica (MMU – Memory Management Unit), koprocesor ili matematički procesor, procesor za izravni pristup memoriji (procesor DMA) i sl.

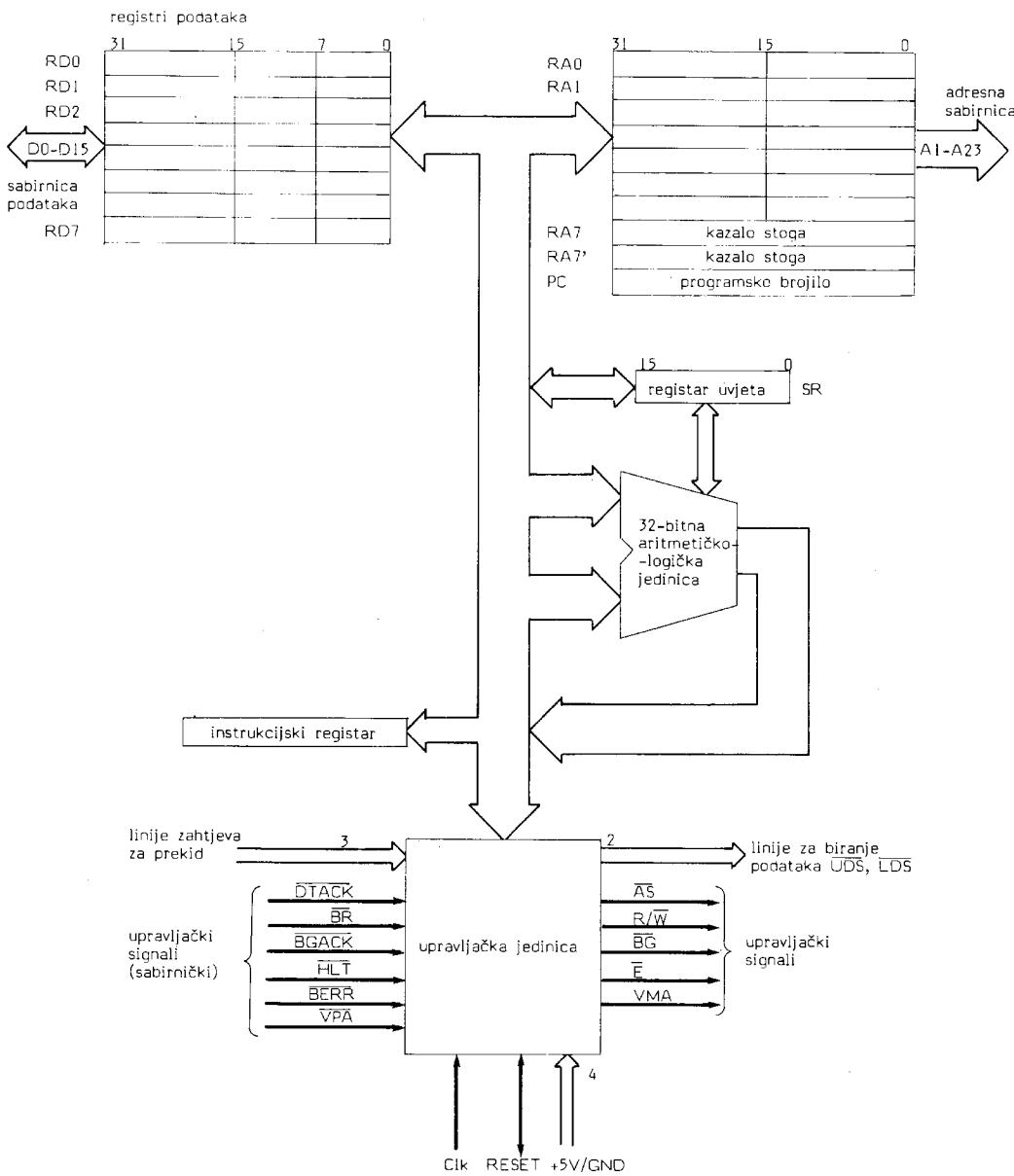
Mikroprocesor je konstruiran tako da preko sabirnica (engl. bus) saobraća s memorijskim modulom, modulom U/I i s modulima posebne namjene. Sabirnica koja predstavlja komunikacijski put između mikroprocesora i ostalih modula mikrorračunala obično se naziva **vanjska sabirnica**<sup>3</sup>. Vanjska sabirnica zapravo je skup linija koje su grupirane po namjeni, tako da govorimo o *adresnoj sabirnici*, *sabirnici podataka* i *upravljačkoj sabirnici*.

Slika 1.2. prikazuje blok-shemu mikrorračunala.

<sup>1</sup> Čip je elektronički sklop oblikovan u tehnologiji VLSI u skladu s mikronskim ili podmikronskim pravilima, dimenzija 6 × 6mm (i većim) i ima više od 50 tisuća aktivnih komponenata.

<sup>2</sup> Upravljačka jedinica mikroprocesora obično je ostvarena kao mikroprogramirana jedinica (pog. 6)

<sup>3</sup> Upotrebljava se i izraz »sabirnica mikrorračunala«.

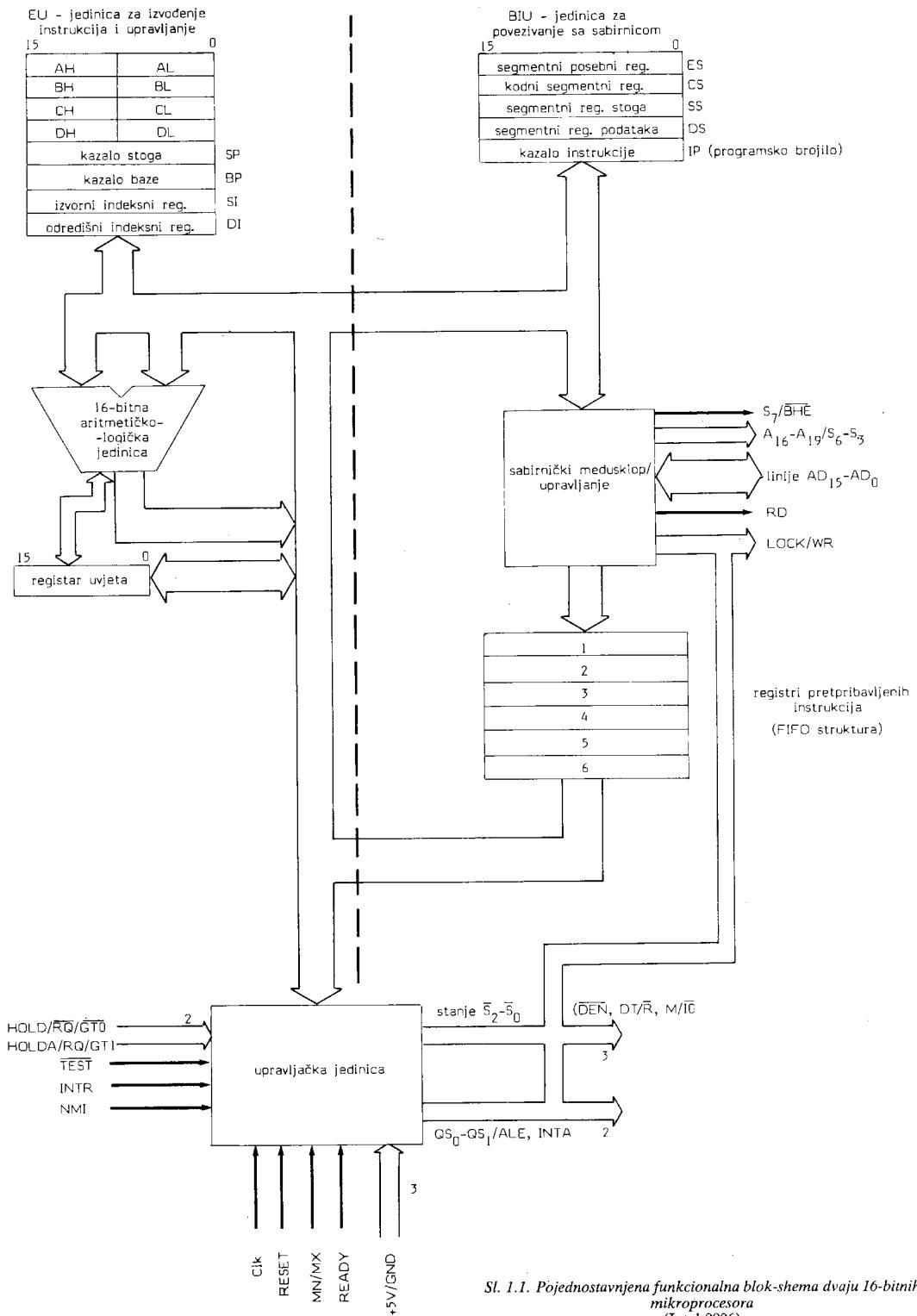


Sl. 1.1. Pojednostavljena funkcionalna blok-shema dvaju 16-bitnih mikroprocesora (MC 68000)

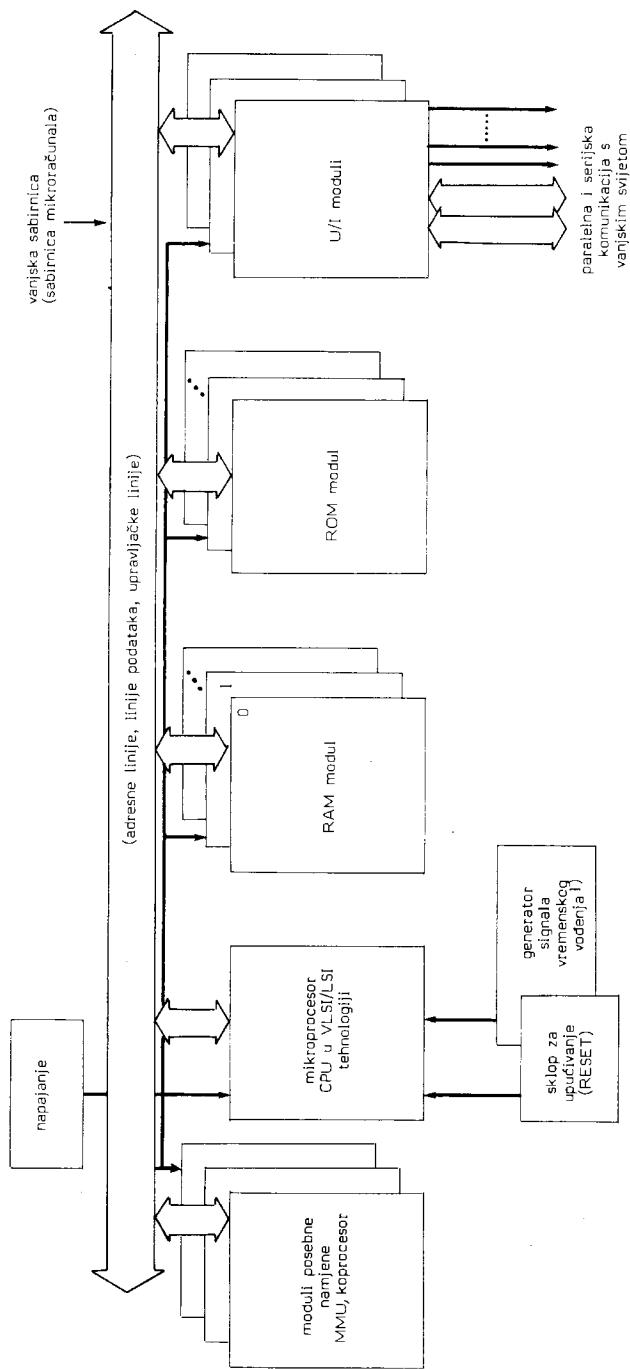
Vrlo se često pojam mikroračunala i mikroračunalski sustav poistovjećuju. Mi ćemo pod *mikroračunalskim sustavom* razumijevati mikroračunalo s raskošnijom periferijom (npr. prikazna jedinica s katodnom cijevi, diskovna jedinica, pisač) i nešto jačom programskom opremom (DOS – diskovni operacijski sustav).

Razvoj tehnologije VLSI omogućio je izvedbu »mikroračunala u jednom čipu« (engl. »microcomputer-on-a-chip«) koji osim centralne procesne jedinice

imaju memorije RAM i ROM, U/I medusklopove, generator signala vremenskog vodenja, programabilne vremenske sklopove i slično na istom čipu (npr. mikroračunala Intel 8048, TMS 9940, Motorola 6801).



Sl. 1.1. Pojednostavljena funkcionalna blok-shema dvaju 16-bitnih mikroprocesora (Intel 8086)



- i) noviji mikroprocesori imaju generator signala vremenskog vodenja izrađen na samom mikroprocesorskom čipu

### 1.3. Kratak povijesni pregled razvoja mikroprocesora – mikroprocesorske generacije

Povijest mikroprocesora započinje početkom 1971. godine kada je tvrtka Intel Corporation dala na tržište Intel 4004, tzv. »mikroprogramabilno računalo na čipu« (engl. »micro-programmable computer on a chip«). Bio je to 4-bitni uređaj izведен u P-kanalnoj MOS tehnologiji i imao je oko 2300 tranzistora integriranih na čipu. Intel 4004 imao je skup od 45 instrukcija.

Prvi 8-bitni »pravi« mikroprocesor pojavljuje se na tržištu 1972. Bio je to Intel 8008, tvrtke Intel Corporation.

U toku sljedeće dvije godine pojavili su se još i danas vodeći 8-bitni mikroprocesori Intel 8080, Motorola MC6800 i drugi. Od tada nastupa nezaustavljiv razvoj mikroprocesora. Zahvaljujući napretku tehnologija LSI i VLSI, mikroprocesor postaje simbol treće industrijske revolucije. Za petnaest godina razvoja broj komponenata na mikroprocesorskem čipu povećao se za dvije stotine puta (!!), frekvencija signala vremenskog vodenja se povećala za pedeset puta, a moć obrade za *dva do tri reda veličine*.

U početku mikroprocesori su bili zamišljeni kao upravljački sklopovi i bili su namijenjeni zadacima u sustavima za upravljanje procesima. Imali su ograničen skup instrukcija i programirali su se izravno u strojnom jeziku.

Međutim, razvoj tehnologije LSI, razvoj arhitekture procesora, upotreba viših programskih jezika, povećanje računske moći i prilagodljivosti doveli su do prave eksplozije primjene mikroprocesora.

Prema značajkama tehnologije i arhitekture mikroprocesori se mogu razvrstati u četiri generacije:

- *Prva generacija mikroprocesora* većinom je bila izvedena u PMOS tehnologiji. Mikroprocesorski čip je imao šesnaest priključaka, a procesor sve značajke interne jednosabirničke arhitekture. Mikroprocesori su bili namijenjeni za jednostavnije industrijske primjene, jednostavne uređaje opće namjene i jednostavnije uređaje posebne namjene.

Tablica 1.1 sadrži pregled predstavnika mikroprocesora prve generacije.

Zanimljivo je da se već u prvoj generaciji mikroprocesora pojavljuju šesnaestobitni mikroprocesori (krajem 1974. godine). Međutim, ti šesnaestobitni mikroprocesori ostali su u sjeni 8-bitnih mikroprocesora i npora što su ih proizvodači i konstruktori ulagali u razvoj 8-bitnih mikroprocesorskih porodica. Osnovne značajke 16-bitnih mikroprocesora prve generacije jesu relativno sporo izvođenje instrukcija (vrijeme izvođenja od 2 do 8

Tablica 1.1. Predstavnici prve generacije mikroprocesora

4-bitni mikroprocesori
Intel 4004 Intel 4040 Fairchild PPS-25 National IMP-4 Rockwell PPS-4 Microsystems Intel MC-1
8-bitni mikroprocesor
Intel 8008 National IMP-8 Rockwell PPS-8 Ami 7200 Mostek 5065
16-bitni mikroprocesor
National IMP/16 National PACE

μs) i mali izravno adresabilni memorijski prostor (od 32 do 64 K riječi).

■ *Druga generacija mikroprocesora* ostvarena je u tehnologiji<sup>4</sup> NMOS i pojavljuje se 1973. godine. Osnovne su značajke druge generacije: veća površina čipa, čip s četrdesetak priključaka, mogućnost izravnog adresiranja 64 K memorijskog prostora, brže izvođenje operacija, snažniji skup instrukcija, više razina gniažđenja potprograma, bolje rukovanje prckidom. Osnovne elektroničke komponente su brže (vrijeme kašnjenja 15 ns po vratima), veća je gustoća njihove integracije (4 do 5 K aktivnih komponenata na čipu) i imaju manji potrošak. Pojavljuju se i mikroprocesori ostvreni u tehnologiji CMOS koji imaju krajnje malen potrošak (za razred veličine manji nego NMOS) i veliku neosjetljivost na šum (npr. mikroprocesor COSMAC 1802 tvrtke RCA, 1974).

U drugoj generaciji pojavljuju se mikroprocesori s jedinstvenim napajanjem od + 5 V, sa sklopovima za generiranje signala vremenskog vodenja integriranim na istom čipu, te sa sklopovima za osvježavanje dinamičke memorije (npr. mikroprocesor Z80 tvrtke Zilog, 1978).

Tablica 1.2 daje pregled reprezentativnih mikroprocesora druge generacije.

Ubrzo nakon pojave prvih mikroprocesora iz druge generacije pojavila se na tržištu (1974) posebna vrsta mikroprocesora – bitovni odresci<sup>5</sup> (engl. bit-slice). Mikroprocesori na osnovi bitovnih odrezaka razlikuju se od mikroprocesora s određenim instrukcijama.

<sup>4</sup> Tehnologija NMOS predstavlja najbolji kompromis između visokog stupnja integracije i velike brzine.

<sup>5</sup> Nazivaju se i bitovni režnjevi ili bitovne kriške.

Tablica 1.2. Predstavnici druge generacije mikroprocesora

8-bitni mikroprocesori
Intel 8080
Intel 8085
Motorola MC6800
Motorola MC6809
RCA COSMAC CDP 1802
MOS Tech. 6500
Zilog Z80
12-bitni mikroprocesor
Intersil 6100
Toshiba TLCS-12
16-bitni mikroprocesor
TI TMS 9900
DEC W.D.MCP-1600
General Instrument CP1600
Data General μN601

Tablica 1.3. Pregled bitovnih odrezaka

Proizvodač	Naziv serije	Tehnologija	Duljina riječi	Frekven-cija MH <sub>z</sub>
Advanced Micro Devices	2900	Schottky TTL	4	16,67
Fairchild	Macrologic	Schottky TTL /CMOS	4	10
Motorola	F100220	ECL	8	50
	MC 10800	ECL	4	20
	MC 10902	ECL	8	50
RCA	EPCI	CMOS/SOS	8	10
Signetics	3000	Schottky TTL	2	10
TI	54/74S481	LPS TTL	4	10

skim skupom po svojstvenom pristupu arhitekturi. Funkcije upravljanja i obrade podataka ovdje su izdvojene na različitim čipovima. Upotreba bitovnih odrezaka kao osnovnih građevnih blokova omogućuje izvedbu mikroprocesora proizvoljne duljine riječi (npr. 12, 24, 28, 48 bitova), dok upotreba mikroprogramiranja omogućuje oblikovanje skupa instrukcija koji odgovara korisnikovim aplikacijama.

Osnovna struktura bitovnog adreska jest sklop RALU ( Register Arithmetic Logic Unit) koji se sastoji od:

- aritmetičko-logičke jedinice,
- skupa registara,
- mcduregistara s multipleksorima za ulazne i izlazne linije.

Povezivanjem sklopovala RALU u kaskadu dobiva se procsna sekacija potrebne duljine riječi.

Upravljačka sekacija je ostvarena s posebnim čipovima i sastoji se od:

- mikroprogramskog sljednika,
- mikroprogramskog memorije,
- sklopova izborne logike,
- protočnih (engl. pipeline) registara.

Mikroprocesori na bazi bitovnog adreska izvedeni su u brzim bipolarnim tehnologijama i upotrebljavaju se kao osnova procesora u sustavima gdje se zahtjeva veća brzina obrade (npr. sustavi za obradu u stvarnom vremenu).

Tablica 1.3 daje pregled bitovnih odrezaka.

- *Treća generacija mikroprocesora* je generacija 16-bitnih mikroprocesora. Prvi mikroprocesor iz te treće generacije (javlja se 1978) je 16-bitni mikroprocesor Intel 8086. Ostvaren je u tehnolo-

giji HMOS (engl. high-performance MOS) i ima 29 K aktivnih komponenata.

Njegov nasljednik Intel 80286, koji se na tržištu pojavio 1982, ima već 130 K aktivnih komponenta.

U treću generaciju mikroprocesora uvrštavaju se i danas vodeći šesnaestobitni mikroprocesori Z8000 (tvrtka Zilog, 1979) i MC68000 (tvrtka Motorola, 1980) NS16016 (tvrtka National, 1981).

Mikroprocesorski čipovi imaju 40, 48 ili 64 priključka na integriranom kućištu i imaju signale vremenskog vođenja frekvencije od 4 do 10 MHz.

Arhitektura procesora s velikim brojem registara, mikroprogramabilnom upravljačkom jedinicom te sklopovima za množenje i dijeljenje daje im velike sposobnosti obrade; imaju raznovrsne načine adresiranja i skup instrukcija koji premašuje razinu onog za miniračunala. Mikroprocesori svojom arhitekturom podržavaju razvoj programa u višim programskim jezicima.

Izravno adresabilni prostor mikroprocesora treće generacije ima 1 do 48 M bajtova, a upotrebom memoriskog upravljačkog sklopa (MMU) može se još povećati (npr. na 64 M bajtova).

Tablica 1.4 daje pregled osnovnih značajki vodećih 16-bitnih mikroprocesora treće generacije.

- *Cetvrta generacija mikroprocesora* je generacija 32-bitnih mikroprocesora. 16-bitni mikroprocesor MC 68000 sa svojom 32-bitnom internom arhitekturom predstavlja most između treće i četvrte generacije mikroprocesora. Prvi »pravi« 32-bitni mikroprocesor pojavio se 1981 – to je Intelov iAPX 432. Ostvaren je na tri čipa. Nakon toga su se pojavili Bellmac-32 (Bell Labs) izveden na jednom čipu, HP-32 (Hewlett-Packard, 1982), NS16032 (National, 1982) te MC 68020 (Motorola,

Tablica 1.4. Osnovne značajke vodećih 16-bitnih mikroprocesora treće generacije

Mikroprocesor	Intel8086	Z8000	MC 68000	Intel80286
Tvrta	Intel	Zilog	Motorola	Intel
God. pojavljivanja	1978	1979	1979	1982
Broj osnovnih instrukcija	95	110	61	121
Broj registara opće namjene	14	16	16	14
Broj priključaka na integralnom kućištu	40	40/48	64	68
Izravno adresabilni prostor (bajtova)	1 M	48 M	16 M	16 M
Broj načina adresiranja	11	6	14	8
Frekvencija signala vremenskog vođenja, MHz	5	2,5–3,9	5–8	8–10
Uniformna adresabilnost	–	–	+	–
Virtualna memorija	–	–	– <sup>6</sup>	+
<i>Osnovni tipovi podataka</i>				
– bajt ili riječ	+	+	+	+
– dvostruka riječ	–	+	+	–
– bit	+	+	+	–
– logički (bajt, riječ)	+	+	+	+
– niz znakova	+	+	–	+
– BCD (bajt)	+	+	+	+
– podaci prikazani brojem s pomičnim zarezom	–	–	–	–
<i>Struktura podataka:</i>				
– stogovi	+	+	+	+
– polja	–	–	–	+
– zapis (record)	+	+	+	+
– nizovi	+	+	–	+
<i>Osnovne upravljačke strukture:</i>				
– grananja	+	+	+	+
– uvjetna grananja	+	+	+	+
– pozivanje potprograma	+	+	+	+
– višezačno grananje	–	–	–	–
– semafori	+	+	+	+
– zamke	+	+	+	+
– prekidi	+	+	+	+

<sup>6</sup> Motorola MC 68010 (1982. godina) ima virtualnu memoriju

1984). Osnovne su značajke arhitekturice mikroprocesora četvrte generacije razina arhitekture koja odgovara razini arhitekture centralno procesnih jedinica velikih računala: protočnost, priručna (engl. cache) memorija, virtualna memorija. Stupanj integracije je izuzetno visok, npr. HP-32 ostvaren je u tehnologiji NMOS i ima 450 K aktivnih komponenti integriranih na čipu. Frekvencija signala vremenskog vođenja je u granicama od 8 do 32 MHz. Virtualni adresni prostor je veličine  $2^{40}$  bajtova, a izravno adresabilni prostor je od  $2^{24}$  do  $2^{32}$  bajtova.

Broj osnovnih instrukcija je od 82 do 230.

Naprimjer, 32-bitni mikroprocesor MC 68020 ima ove značajke:

- virtualnu memoriju,
- šesnaest 32-bitnih registara podataka i adresnih registara,
- dva nadgledna kazala stoga,
- 32-bitno programsko brojilo,
- pet upravljačkih registara posebne namjene,
- 4 G (giga) bajta izravno adresabilnog memorijskog prostora,
- dvije brzine obrade (signali vremenskog vođenja 12 i 16 MHz),
- 18 načina adresiranja,
- sučelje za koprocesor,
- priručnu memoriju,
- obraduje sedam tipova podataka,
- aritmetiku brojeva s pomicnim zarezom podržanu koprocesorom MC 68881,
- protočnu arhitekturu,
- performansu oko 2 MIPS (Million Instruction per Second).

Procesori četvrte generacije mikroprocesora namjenjeni su za centralne procesne jedinice velikih računalskih sustava, za primjenu u distribuiranoj obradi u višekorisničkim okolinama.

Tablica 1.5 prikazuje osnovne značajke četiri 32-bitnih mikroprocesora četvrte generacije.

Na kraju ovoga kratkog pregleda mikroprocesorskih generacija bilo bi zanimljivo pogledati cijene 8-, 16- i 32-bitnih mikroprocesora.

Tablica 1.6 daje pregled cijena pojedinačnih mikroprocesora (za narudžbu od 100 komada) u studenom 1985. godine.

Zanimljiv je podatak koji ilustrira pad cijena mikroprocesora, npr. mikroprocesor MC68000 je 1979. stajao 249 \$, Intel 8086 86 \$, a mikroprocesor Z8000 139 \$ – njihove su se cijene deseterostruko smanjile za nepunih šest godina (studeni 1985).

Tablica 1.5. Osnovne značajke mikroprocesora četvrte generacije

Mikroprocesor	NS16032	Bellmac-32	HP-32	iAPX432
Tvrtka	National	Bell Labs	Hewlett-Packard	Intel
Godina pojavljivanja	1982.	1982.	1982.	1981.
Tehnologija	NMOS	DOMINOCMOS	NMOS	HMOS
Broj aktivnih komponenata	60000	146000	450000	219000 na 3 čipa
Potrošak	1,25 W	0,7 W	4 W	2,5 W/čipu
Frekvencija signala vremenskog vođenja	10 MHz	10 MHz	18 MHz	8 MHz
Izravno adresabilni prostor (abajta)	$2^{24}$	$2^{32}$	$2^{29}$ $2^{41}$ virt.	$2^{24}$ $2^{40}$ virt.
Broj osnovnih instrukcija	82	169	230	221
Načini adresiranja	9	18	10	5
Vrijeme potrebno za 32-bitno cje-lobrojno zbrajanje	1600 ns	400 ns	275 ns	500 ns
Vrijeme potrebno za 32-bitno cje-lobrojno množenje	8,3 μs	9 μs	2,9 μs	6,3 μs
Množenje brojeva s pomičnim zarezom	7,1 μs 64 bita	Nije sklopovski ostvareno	10,4 μs 64 bita	27,87 μs 80 bita

Tablica 1.6. Pregled cijena (studenzi 1985)

8-bitni mikroprocesori mikroprocesor	cijena (USA \$)
MC 6800	3
MC 6802	4
Z80	< 1
RCA 1802	5,49
Intel 8085	< 1
16-bitni mikroprocesori mikroprocesor	cijena (\$)
Intel 8086	10
Intel 80C86	21,5
MC68000	10
MC68010	23
Z8000	10-15
32-bitni mikroprocesori mikroprocesor	cijena (USA \$)
Intel 80386	299
MC68020	306
Z80000 koprocesor	325
MC68881 koprocesor	24
Z8070	> 240

## 1.4. Smjer razvoja mikroprocesora i mikroračunala

Smjer daljeg razvoja mikroprocesora, odnosno mikroračunala, rezultanta je složenog utjecaja tehnologije, razvoja arhitekture sustava, razvoja programiranja i programskih jezika, te spleta utjecaja ekonomskih i drugih faktora.

Iskristalizirali su se sljedeći smjerovi razvoja:

- dalji razvoj 16-bitnih i 32-bitnih mikroprocesora i obogaćivanje njihovih porodica novim sklopovima i programskom opremon,
- dalji razvoj mikroračunala na jednom čipu. Očekuje se da će se početkom devedesetih godina pojaviti mikroračunalo na jednom čipu s performansama današnjeg superračunala Cray-1 (250 MIPS),
- razvoj arhitekture RISC (Reduced Instruction Set Computer) (procesori 32-bitne i 64-bitne arhitekture s reduciranim instrukcijskim skupom, s performansama od 6 do 10 MIPS),
- dalji razvoj procesora za obradu signala i mikroračunala za obradu signala (analogna mikroračunala),

- primjena tehnologije GaAs i razvoj novih 32-bitnih i 64-bitnih mikroprocesora kao centralnih procesnih jedinica vrlo velikih računala,
- dalji razvoj bitovnih odrezaka,
- razvoj mikroprocesora koji se po arhitekturi korjenito razlikuje od von Neumannovih procesora – razvoj sistoličkih procesora i procesora upravljanih tokom podataka (engl. data-flow),
- razvoj i primjena visokoparalelnih sustava na temelju transputera.

## LITERATURA

- [1] S.Ribarić, *Arhitektura mikroprocesora*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1985.
- [2] N.A.Alexandridis, *Microprocessor System Design Concepts*, Computer Science Press, 1984.
- [3] H.D.Toong,A.M.Gupta, *An Architectural Comparison of Contemporary 16-bit Microprocessor*, IEEE Micro, maj 1981, pp.26-37.
- [4] A.M.Gupta,H.D.Toong, *An Architectural Comparison of 32-bit Microprocessor*, IEEE Micro, februar, 1983, pp. 26 – 37.
- [5] A.M.Gupta,H.D.Toong, *Microprocessors – The First Twelve Years*, Proc.of the IEEE, Vol.71, No.11, novembar 1983, pp. 1236 -1256.
- [6] R.Appalaraju, *32-bit Microprocessors Support Parallelism And Cache*, Digital Design, august 1984, pp. 96 – 105.
- [7] D.Smith, *32-bit – μP Chips Offer System – like Benefits*, EDN, septembar 19, 1985, pp. 131 – 144.
- [8] S.Ohr, *Risc Machines*, Electronic Design, januar 10, 1985, pp 176 – 190.
- [9] S.Ribarić, *Arhitektura računala pete generacije*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1986.
- [10] R.Davis,D.Thomas, *Systolic Array Chip Matches The Place of High- Speed Processing*, Electronic Design, oktobar 31, 1984, pp. 207 – 218.

# 2. MIKRORAČUNALO

## 2.1. Uvod

Mikroračunalo (sl.1.2) sastavljeno je od više modula:

- mikroprocesora,
- memorijskih modula,
- ulazno-izlaznih modula,
- modula posebne namjene (koprocesor, MMU-memorijska upravljačka jedinica, procesor DMA, programabilni vremenski sklop),
- pomoćnih sklopova (izvori napajanja, sklop za upućivanje, generatori signala vremenskog vodjenja).

**Mikroprocesor** ujedinjuje u sebi računske sposobnosti i sposobnosti donošenja odluke – izabire jedan od smjerova dalje obrade ili djelovanja. Za njegovo normalno djelovanje (izvođenje programa, saobraćanje s vanjskim svijetom) nužni su dodatni moduli.

## 2.2. Memorijski moduli

U memorijskom modulu, koji se obično ostvaruje s više memorijskih čipova, pohranjeni su programi (nizovi instrukcija) i podaci. I jedni i drugi su pohranjeni u istom – binarnom obliku.

Memorija prema izbrisivosti, odnosno sposobnosti trajnog čuvanja podataka koji su pohranjeni u njoj može se razvrstati u:

- izbrisivu memoriju RAM (Random Access Memory) – memoriju s izravnim pristupom koja se upotrebljava za pohranjivanje podataka što se mijenjaju u toku izvođenja programa. Iz memorije RAM možemo čitati i u nju upisivati. Međutim, ona ima jedan nedostatak – pri nestanku napajanja briše se i njen sadržaj.
- neizbrisivu ili ispisnu memoriju ROS (Read Only Store) ili ROM (Read Only Memory).

Čipovi RAM mogu se realizirati u *bipolarnoj* ili *MOS tehnologiji*. Bipolarne memorije su brže, ali imaju manju gustoću integracije, veću cijenu i veći potrošak. Uobičajene tehnologije su TTL i ECL. Memorijski moduli na bazi bipolarnih čipova obično su namijenjeni za posebne module velike brzine, za priručne memorije i meduspremnikе.

Za memorijske module većeg kapaciteta upotrebljavaju se moduli ostvareni s čipovima u MOS tehnologiji. Oni su prema bipolarnim čipovima:

- sporiji, ali još u većini slučajeva dovoljno brzi,
- jeftiniji (odnos cijene po pohranjenom bitu je 4:1),
- većeg stupnja integracije,
- manjeg potroška.

Memorija RAM može se razvrstati i na:

- statičku memoriju RAM,
- dinamičku memoriju RAM.

Statička memorija RAM pohranjuje podatke u polje bistabila, dok se u dinamičkoj memoriji RAM podaci pohranjuju u obliku naboja u "kondenzatoru" (parazitna kapacitivnost), definiranom kapacitivnošću upravljačke elektrode i supstrata MOS tranzistora. Zbog nesavršenosti "kondenzatora" naboј otječe, te se takav memorijski element mora periodički osvježavati.

Neizbrisive memorije ili ROS (Read-Only Store) imaju dva važna svojstva:

- neizbrisivost,
- nedestruktibilnost, tj. neuništivost sadržaja.

Neuništivost sadržaja znači da se memorija ROM pojavljuje kao memorijsko polje kojem je jednom upisani sadržaj stabilan i ne može se mijenjati operacijom upisivanja od strane mikroprocesora.

U grupu ispisnih memorija ubraju se:

- ROM,
- PROM – programabilna ispisna memorija,
- EPROM – promjenjiva programabilna ispisna memorija,
- EEPROM – električno promjenjiva programabilna ispisna memorija.

## 2.3. Ulazno-izlazni (U/I) moduli

Moduli U/I predstavljaju sučelje mikroračunalskog sustava s periferijskim uređajima (npr. jedinice U/I kao što su tastatura, pisač, zaslon s katodnom cijevi) i vanjskim svijetom. Preko *ulaznog međusklopa*, odnosno ulaznog modula, ostvaruje se put za prijenos binarnih podataka (u paralelnom ili serijskom obliku) od ulaznih jedinica prema mikroprocesoru. *Izlazni međusklop*, odnosno izlazni modul, omogućuje prijenos binarnih podataka prema izlaznim jedinicama.

Složenost modula U/I može biti od vrlo jednostavnih U/I vrata (registrov sa tri stanja i sklop za dekodiranje adrese) do vrlo složenih programabilnih međusklopova izvedenih u tehnologiji LSI.

## 2.4. Moduli posebne namjene

Mikroračunalski sustavi za složene primjere često zahtijevaju dodatne module posebne namjene. Razina složenosti tih modula kreće se od jednostavnih sabirničkih sklopova i sabirnički sučelja pa sve do sklopova razine složenosti procesora. Moduli su priлагodeni tako da se jednostavno priključuju na sabirnice mikroračunala. Navedimo neke module posebne namjene:

- Sabirničko sučelje – sklop izведен u tehnologiji LSI (npr. MC68488 tvrtka Motorola) omogućava povezivanje instrumentalne sabirnice IEEE-488 s mikroračunalom.
- Memorjska upravljačka jedinica (MMU) omogućava djelotvorno rukovanje velikim adresnim prostorom u višekorisničkoj okolini. Ona izvodi adresnu translaciju i zaštitu adresnog područja mikroprocesora tako da ispituje svaku adresu koju je generirao procesor i na temelju različitih atributa (npr. stanja CPU-a) utvrđuje da li procesor pokušava pristupiti zaštićenom dijelu memorije ili se naslovjeni element nalazi u glavnoj memoriji. Ako se adresna memorjska lokacija nalazi u glavnoj memoriji, MMU na temelju logičke adrese generira fizičku adresu (poglavlje 8).
- Koprocesori ili matematički procesori podržavaju funkcije aritmetike brojeva s pomičnim zarezom, trigonometrijske i logaritamske funkcije, npr. Intel 8087 tvrtke Intel (poglavlje 5).
- Koprocesori U/I (npr. Intel 8089) podržavaju operacije U/I i oslobađaju procesor od tzv. kućnih ili režijskih poslova (engl. overhead) vezanih za saobraćanje U/I.
- Procesori za izravan pristup memoriji, procesori DMA, omogućavaju brži prijenos podataka između memorije i vanjskog svijeta bez sudjelovanja mikroprocesora u prijenosu.

Sklopovi u tehnologiji LSI kao moduli posebne namjene podržavaju posebne funkcije kao što su kriptozaštita podataka, komunikacijski protokoli, grafika, upravljanja perifernim jedinicama i prekidi ma, detekcije i ispravljanja pogrešaka i sl.

Tablica 2.1 daje pregled dijela sklopova posebne namjene koji su osnova za module posebne namjene.

## 2.5. Sabirnice

Gradevne jedinice, mikroračunalski moduli, saobraćaju preko grupe linija koje se nazivaju *vanjska sabirnica*.

Preko njenih linija se prenose podaci, adrese i upravljački signali između mikroprocesora i ostalih modula mikroračunala. Linije se vanjske sabirnice obično grupiraju po funkciji i oblikuju u tri vrste sabirnica:

- sabirnicu podataka,
- adresnu sabirnicu,
- upravljačku sabirnicu.

*Dvosmjeru sabirnica podataka* prenosi podatke između različitih modula mikroračunala. Širina<sup>1</sup> sabirnice podataka obično odgovara duljini riječi mikroprocesora: 8-bitni mikroprocesori (MC 6800, Intel 8085, Z80 i dr.) imaju sabirnicu širine 8 bita, dok 16-bitni mikroprocesori (MC 68000, Intel 8086, Z8000) imaju sabirnicu podataka širine 16 bita, 32-bitni mikroprocesori imaju sabirnicu podataka širine 32 bita (MC 68020, Intel 80386).

*Adresna sabirnica* prenosi adresu sklopa ili vanjskog registra s kojim mikroprocesor saobraća (npr. adresu memorjskog čipa i adresu riječi u njemu, međusklopa U/I i njegova registra). Adresa prisutna na adresnoj sabirnici određuje izvor ili odredište podataka. Adresnu sabirnicu tvori skup jednosmjernih izlaznih linija iz mikroprocesora.

Adresna sabirnica 8-bitnih mikroprocesora obično je širine 16 bita, što omogućava izbor sklopa ili registara u memoriskom prostoru od 64 K bajta. 16-bitni i 32-bitni mikroprocesori imaju širu adresnu sabirnicu i tako mogu izravno adresirati puno veći memoriski prostor (npr. 16-bitni mikroprocesor MC 68000 ima adresnu sabirnicu širine 23 bita (A1-A23), dvadeset i četvrta adresna linija se dobiva kombinacijom upravljačkih signala UDS i LDS; 32-bitni mikroprocesor MC 68020 ima 32 adresne linije i omogućava izravno adresiranje memoriskog prostora veličine 4 G (giga bajta ( $2^{32}$ ))).

*Upravljačku sabirnicu* tvore linije koje prenose upravljačke signale i signale vremenskog vođenja. Ti su signali potrebni za sinkronizaciju djelovanja različitih modula. Signali koji obično tvore upravljačku sabirnicu jesu: čitaj/piši ( $R/W$ ), zahtjev za prekid (IRQ), upućivanje (Reset), potvrda prijenosa podataka (DTACK), signali vremenskog vođenja, stanje procesora i sl.

<sup>1</sup> Širina sabirnice izražava se brojem linija, a kako je svaka linija namijenjena prijenosu bita, za mjeru širine sabirnice upotrebljava se broj bitova koji se istovremeno može po njoj prenjeti.

Tablica 2.1. Pregled sklopova posebne namjene

Proizvodač	Oznaka	Namjena	Proizvodač	Oznaka	Namjena
Motorola	MC 68488 govornik-slušatelj	Sabirničko sučelje IEEE-488	Motorola	MC 68450 MC 6844	DMA upravljački sklopi /procesori
	MC 3447 MC 3446A sabirničko pojačalo		Intel	8257	
Intel	8219A govornik-slušatelj	IEEE-488	Fairchild	F9449	
	8293 sabirničko pojačalo		Zilog	Z80DMA	
	8292 upravljački sklop		Texas Instruments	TMS 9911	
Texas Instruments	TMS 9914 govornik-slušatelj- upravljački sklop		Motorola	MC 6859 NBS standard	Sklopoli za kriptozaštitu podataka
	96LS488 govornik-slušatelj		Intel	8294	
Motorola	MC 68451 MMU za MC 68000	Memorijska upravljačka jedinica i memorijski upravljački sklopoli	Fairchild	9414	
	MC 3480 memorijski upravljački sklop		AMD	Am9518	
	MC 68453 upravljački sklop za memoriju s magn.mehurićima		Western Digital	2002A/B	
Intel	8202A/3 upravljački sklop dinamičke memorije		Motorola	MC 68652 MC 68653 MC 6854	Komunikačijski protokol
Zilog	Z8010 MMU		Zilog	Z8030	
Fairchild	9449 memorijski upravljački sklop		Western Digital	WD 2501 WD 1933	
Motorola	MC 68881 procesor za aritmetiku brojeva s pomičnim zarezom	Matematički procesori	Intel	8273	
Intel	8087 procesor za aritmetiku brojeva s pomičnim zarezom trigonometrijske funkcije, logaritamske funkcije		Motorola	MC 6828	Sklopoli za upravljanje prioritetom prekida
AMD	9511A procesor za aritmetiku brojeva s pomičnim zarezom, trigonometrijske funkcije		Intel	8214 8259	
National Semiconductor	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		National Semiconductor	NS 16202	
National Semiconductor	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		RCA	CDP 1877	Programabilni vremenski sklopoli
	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		Motorola	MC 6840	
	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		Intel	8254	
National Semiconductor	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		Zilog	Z80CTC	
	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		AMD	Am 9513	
	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		Motorola	MC 6843	
National Semiconductor	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		Intel	8271	Upravljanje jedinicom diskasa ili diskete
	NS 1608 procesor za aritmetiku s pomičnim zarezom		Western Digital	WD 1010 za čvrsti disk WD 279X	

Proizvođač	Oznaka	Namjena
Motorola	MC 6847 upravljački sklop s grafikom	
Intel	8275	Upravljanje prikaznom jedinicom
RCA	CDP 1862 (s grafikom)	
Nacional Semicon- ductor	8350	

opisuju konfiguraciju sustava i stanja procesa. On ima rutine koje podržavaju procese, kao što su prikaz sadržaja registara i izravne (on-line) dijagnostičke poruke, a može biti odgovoran za saobraćanje s konzolom sustava.

Djelotvornost mikroračunala bitno se povećava dodjeljivanjem vremena procesora različitim programima, omogućavanjem istovremenog izvođenja operacija U/I i operacija procesora, dodjeljivanjem memorije i primjenom tehnike prekrivanja memorijskog prostora, dodjeljivanjem uređaja U/I u zavisnosti od brzine, te primjenom tehnika za rukovanje datotekama i sistemskim programima.

- Drugu razinu čini preostali dio operacijskog sustava: uslužni programi, editori, puniovi, asembleri, prevodioci, programi za otkrivanje pogrešaka i namjenski programi.

- *Uslužni programi* su rutine koje podržavaju tzv. kućne ili režijske (engl. overhead) funkcije i rukovanje operacijama U/I. Naprimjer U/I uslužni programi (engl. I/O driver) sastoje se od više programskih rutina koje omogućavaju sučelje između mikroračunala i vanjskih uređaja na taj način što rukovode i upravljaju prijenosom podataka i upravljaju samim vanjskim uređajem. Složnost U/I uslužnih programa zavisi od konfiguracije sustava i od tipa sučelja (npr. procesor DMA, procesor U/I i sl.). Razredu uslužnih programa pripadaju i različiti programi za pretvorbu kodova i prijenos podataka s jednog medija na drugi (npr. s magnetne vrpce na savitljivi disk).

U ovoj razini poseban razred programa su oni koji su namijenjeni *rukovanju podacima i datotekama* (engl. data management, file system). Oni omogućavaju djelotvorno rukovanje sekundarnom memorijom (savitljivi ili čvrsti disk), odnosno organizaciju, pohranjivanje, pretraživanje i obnavljanje podataka u njoj.

- *Editori ili uređivači* su programi koji prihvataju izvorne programe (napisane u zbirnom jeziku<sup>3</sup> ili kojem višem programskom jeziku) prilikom unošenja tastaturom. Funkcija editora je da pomoći određenih naredaba, izdanih od korisnika, dodaje, briše ili mijenja dijelove izvornog teksta programa. Pomoći editorskih naredaba izvorni tekst se pohranjuje u memoriju mikroračunala.

- *Asembler* je sistemski program koji prevodi izvorni program u zbirnom jeziku u objektni program.<sup>4</sup>

- *Prevodioci* (engl. compiler) prevode izvorne programe napisane u višem programskom jeziku u

## 2.6. Programska oprema

Programska oprema (engl. software) mikroračunala, odnosno mikroračunalskog sustava, njegov je bitni sastavni dio: to je ona "vezivna materija" koja module oživljuje, osmišljuje i povezuje u funkcionalnu cjelinu.

Složenost programske opreme i njena cijena zavise od namjene mikroračunala i kreće se od jednostavnih programa koji po funkciji zamjenjuju logičke sklopove, pa sve do složenih programskih sustava za 16- i 32-bitna mikroračunala, koji imaju vrlo sofisticiran operacijski sustav, podržavaju višekorisnički rad i imaju niz prevodilaca za više programske jezike.

Programska oprema mikroračunala može se promatrati kao oprema koja je organizirana u tri razine:

- Prva razina, *jezgra operacijskog sustava ili monitor* omogućava korisniku osnovno saobraćanje sa sustavom. Zadatak jezgre operacijskog sustava je da rukovodi i dodjeljuje resurse mikroračunala (vrijeme procesora, memoriju, U/I jedinice, sistemske programe i datoteke) na temelju potreba korisničkih programa i raspoloživih kapaciteta računala radi što djelotvornijeg izvođenja programa i iskorištenja raspoloživih resursa.

Monitor organizira kooperativne *procese*<sup>2</sup>, nadgleda ih i omogućava saobraćanje između njih i njihovu sinkronizaciju. Monitor upravlja dodjeljivanjem svih sistemskih resursa procesima. On je odgovoran za redoslijed i upravljanje svim sistemskim poslovima te za komunikaciju između programa. Kad postoji zahtjev za saobraćanje između dvaju programa, monitor uspostavlja komunikacijski put kojim programi saobraćaju. Monitor ima ugradena i pravila koja se odnose na izvođenje sistemskih i korisničkih programa (npr. ograničenja vremenskog trajanja obrade pojedinih procesa, poslova ili trajanja operacija U/I, ograničenja u pogledu veličine memorije koja se dodjeljuje procesu i sl.). U monitoru se nalaze i tablice koje

<sup>2</sup> Proces ili zadatak jest program u izvršenju; obično se podrazumijeva da se može izvesti paralelno s drugim procesima.

<sup>3</sup> Program napisan u obliku mnemoničkih oznaka i simboličkih naziva memorijskih lokacija (uobičajeni naziv "assembler").

<sup>4</sup> Program u strojnog jeziku (binarnom kodu).

objektni program. Mikroračunala, posebno 16- i 32-bitna imaju prevodioce za veliki broj viših programskega jezika, npr. za BASIC, FORTRAN, PASCAL, PL/M, COBOL, jezik C, ADA i za druge.

□ *Interpreter* (engl. interpreter) ima sličnu funkciju kao i prevodilac, ali s važnom razlikom da se korisnički program u višem programskom jeziku prevodi i izvršava liniju po liniju, kao što se i unosi.

□ *Punilac* (engl. loader) prenosi u memoriju mikroračunala objektni program, koji se dobiva u postupku prevodenja. Punilac osim funkcije unošenja objektnog programa ima i funkciju relocacije tj. premještanje programa u slobodni memorijski prostor (pretvaranje premjestrive verzije objektnog programa u apsolutnu), te povezivanje različitih objektnih programa koji se međusobno pozivaju (tzv. linking loader).

□ *Programi za otkrivanje pogrešaka u objektnim programima* izvode funkciju prikaza ili ispisivanja sadržaja dijela memorije, ispisa sadržaja registara procesora, postavljanja ispitnih točaka, započinjanja izvođenja od zadanog mesta u programu i slično.

U razinu sistemske programske opreme spadaju još i *simulatori*, te *dijagnostički programi*.

□ *Namjenski programi* rješavaju specifične probleme s područja matematike, tehnike i poslovne primjene (npr. program SPICE – za simulaciju električkih komponenata, program ECAP – za

analizu strujnih krugova, BSI – programi za evidenciju poslovanja skladišta, programi za projektiranje tiskanih pločica i sl.).

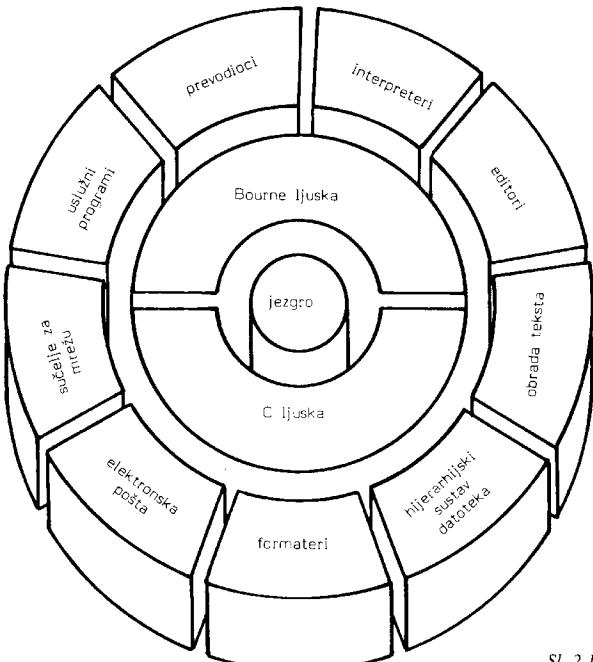
■ Treća razina programske opreme su *korisnički programi*. Oni su napisani u zbirnom ili kojem višem programskom jeziku i rješavaju specifične probleme definirane od korisnika sustava.

Korisnici svoje zadatke u obliku izvornih programa odašilju nižim razinama programske opreme, a ona sklopovskoj opremi (engl. hardware), koja uz sudjelovanje operacijskog sustava izvršava te zadatke.

32-bitni mikroprocesori su osnova složenih sustava za obradu u stvarnom vremenu, sustava za rad na nekoliko zadataka (engl. multitasking) i sustava s grafikom vrlo visoke rezolucije.

Operacijski sustav Unix System V postao je standard za mikroračunalske sustave na bazi 32-bitnih mikroprocesora iako sam Unix ima neke nedostatke u vezi s rukovanjem procesima u stvarnom vremenu. Međutim, to je riješeno dodatnom, tzv. vlasničkom jezgrom (engl. proprietary kernel) koja pomoću koprocesora ili rutine U/I saobraća s Unixom i omogućava djelotvornu upotrebu sustava pri aplikacijama u stvarnom vremenu. Slika 2.1 prikazuje organizaciju operacijskog sustava Unix za 32-bitne mikroračunalske sustave.

Ljuska (engl. shell) korisničko je sučelje s operacijskim sustavom Unix. Ona je ujedno interpreter korisničkih naredaba Unixu i viši programski jezik. Ljuska izvršava naredbe koje se preko terminala ili iz datoteka unose u sustav.



Sl. 2.1. Operacijski sustav UNIX

Operacijski sustav ima dvije ljske; jedna je Bourne (standard Unix System V), a druga C ljska (SD Unix System).

Ljska kao viši programske jezik omogućava korisniku brzo oblikovanje vlastitih aplikacija kombinacijom standardnih uslužnih programa.

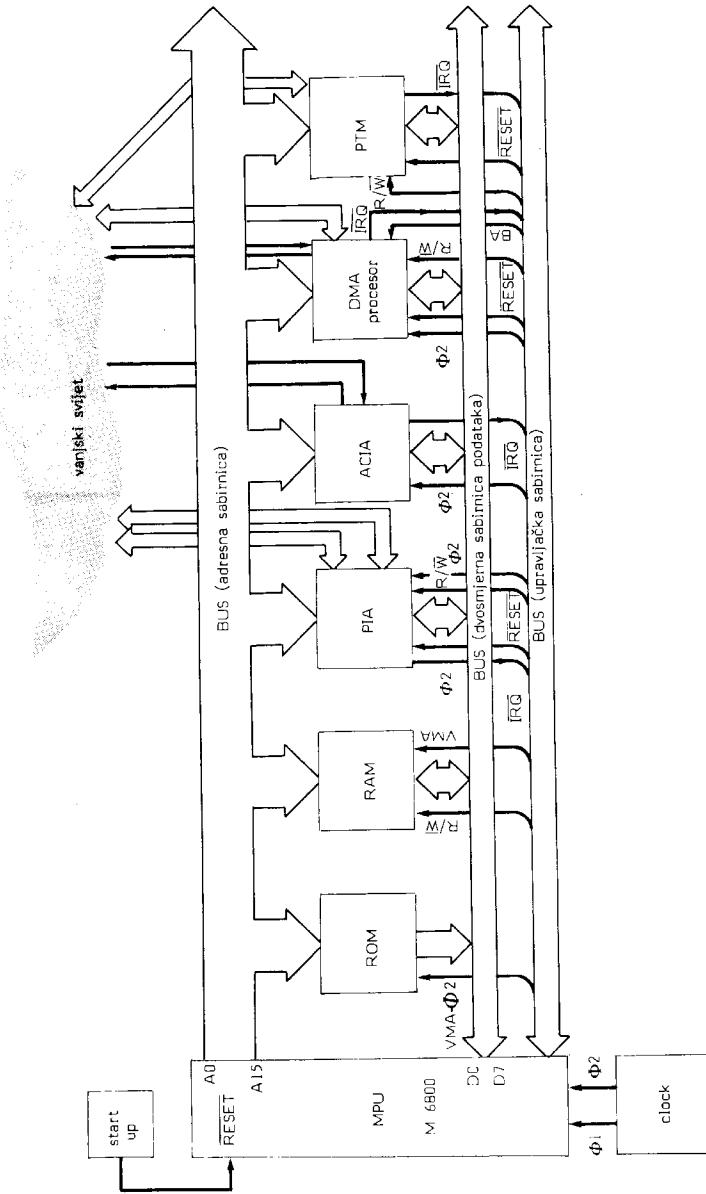
Prevodioci za više programske jezike (jezik C, Pascal) i interpretatori (npr. za jezik Lisp) sastavni su dio operacijskog sustava.

Uslužni programi (aritmetika vrlo visoke točnosti, programi za rukovanje tzv. background načinom i

procesima U/I, automatsko generiranje datoteka, programska sučelja sa sabirnicom IEEE-488, programi za rukovanje analogno-digitalnim podsustavima i sl.) također su na raspolaganju korisniku.

## 2.7. Primjeri mikroračunalskih sustava

Prikazat ćemo nekoliko mikroračunalskih sustava koji se temelje na modulima što su opisani u prethodnim odjeljcima.



Sl. 2.2. Mikroračunalo zasnovano na 8-bitnoj mikroprocesorskoj porodici M6800

Slika 2.2 prikazuje ustrojstvo mikroračunala zasnovanog na 8-bitnoj porodici 6800, gdje su:

- MPU: mikroprocesor,
- DMA: procesor s izravnim pristupom memoriji,
- RAM, ROM: memorija sa izravnim pristupom, ispisna memorija,
- START UP: pomoći sklop,
- CLOCK: pomoći sklop,
- PIA: paralelni medusklop U/I,
- ACIA: serijski medusklop U/I,
- PTM: programabilni vremenski sklop,
- BUS: sabirnica.

Slika 2.3 prikazuje mikroračunalo minimalne konfiguracije na bazi 8- bitne mikroprocesorske porodice Intel 8080.

Slika 2.4 prikazuje blok shemu mikroračunalskog sustava na bazi 16- bitnog mikroprocesora Motorola 68000:

- MPU: mikroprocesor,
- FPCP: matematički koprocesor,
- MMU: memorijska upravljačka jedinica,
- DMA: DMA procesor za izravni pristup memoriji,
- FDC: upravljačka jedinica savitljivog diska,
- IPC: inteligentni periferi upravljački sklop,
- PIT: paralelni U/I medusklop s programabilnim vremenskim sklopolom,
- MPPC: modul za binarno ili bajtno orientirani komunikacijski protokol,
- BAM: sabirnički arbitar,
- CRT: upravljački sklop prikazne jedinice,
- DUART: dvostruki serijski komunikacijski medusklop (predajnik/prijemnik).

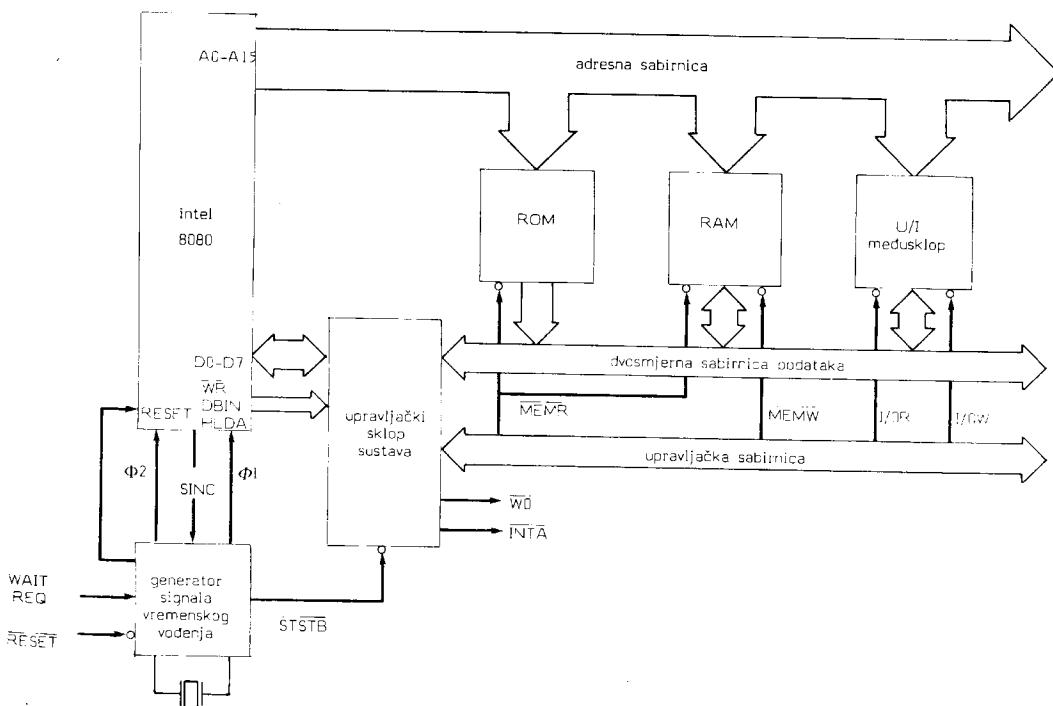
Osnove svih modula su čipovi u tehnologiji VLSI/LSI kojima je razina složenosti vrlo visoka. Npr. slika 2.5

prikazuje blok-shemu inteligentnoga perifernog upravljačkog sklopa (IPC) MC 68120 koji omogućava sučelje između MC 68000 i MC 6800.

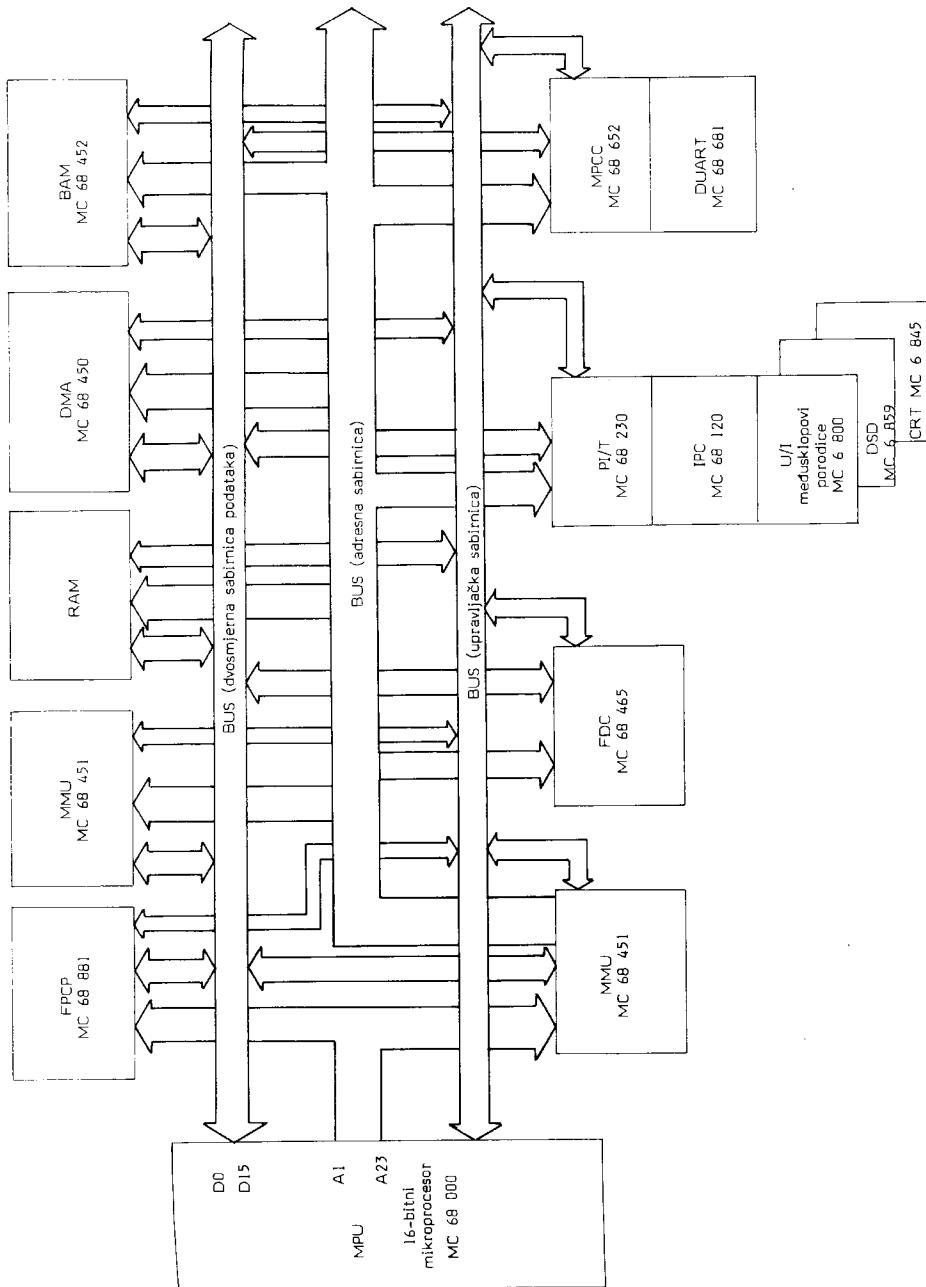
Vidi se da je to, zapravo, mikroračunalo na čipu, s 8-bitnim centralnim procesorom, 2 K memorije ROM, 128 bajtova dvoulazne memorije, s dvjema paralelnim U/I vratima, s tri funkcionalna vremenska sklopa, serijskim izlaznim vratima, prekidnom strukturon i s mogućnosti izravnog adresiranja 64 K memorije.

## LITERATURA

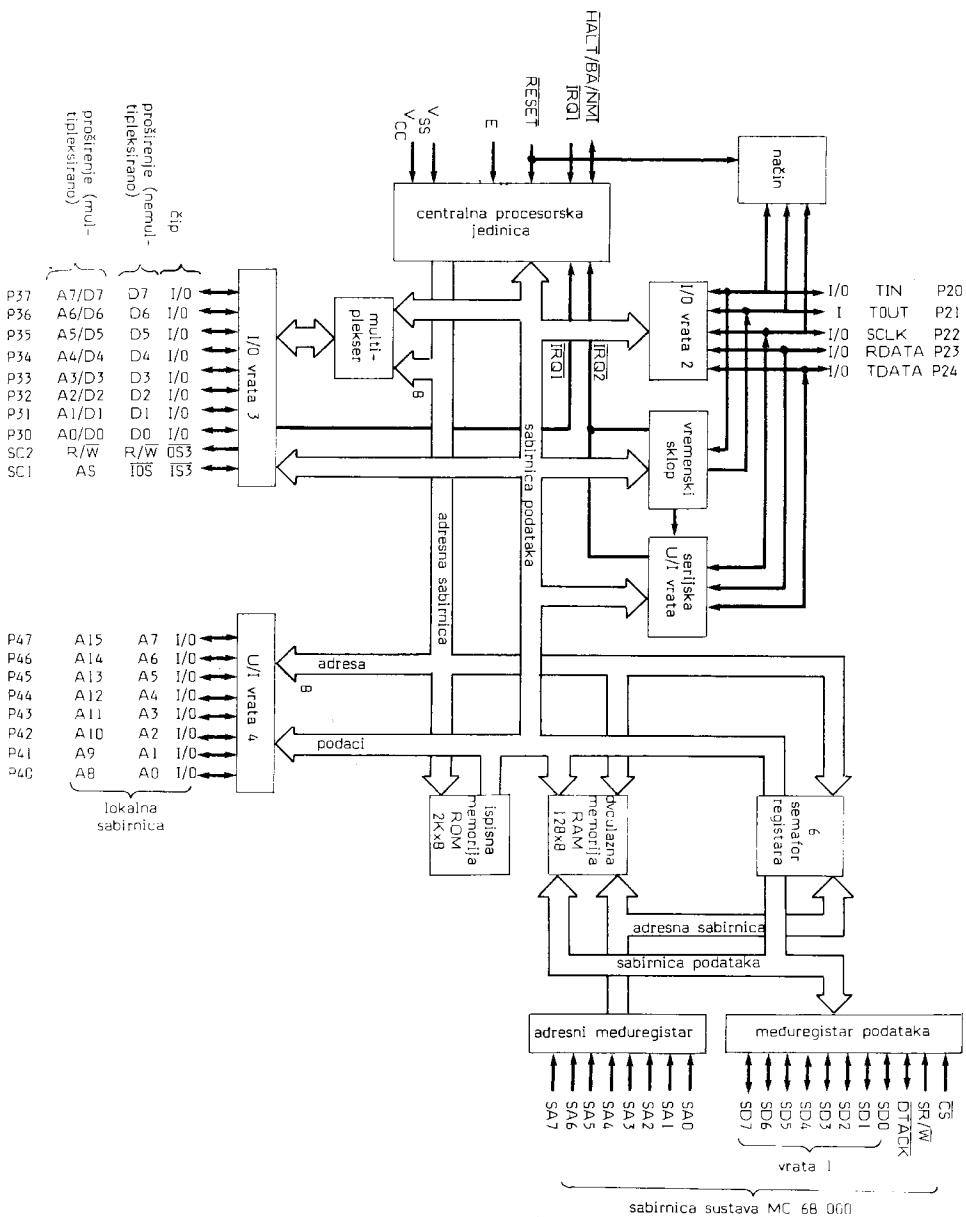
- [1] S.Ribarić, *Arhitektura mikroprocesora*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1985.
- [2] *MC 68020 32-Bit Microprocessor Use's Manual*, Motorola Inc., 1985.
- [3] J.Hemenway, *A Disc Operating System Increases µC Utility*, EDN, novembar 20, 1978, pp. 253-256.
- [4] N.A.Alexandridis, *Microprocessor System Design Concepts*, Computer Science Press, 1984.
- [5] *16-bit Microprocessor Data Manual*, Motorola Inc., 1983.
- [6] H.D.Tooong,A.Gupta, *An Architectural Comparison of Contemporary 16-bit Microprocessors*, IEEE Micro, maj 1981, pp. 26-37.
- [7] S.Ribarić, *Arhitektura računala pete generacije*, Tehnička knjiga, Zagreb, 1986.
- [8] D.Cornier, *Real-Time Executives Complement Unix*, EDN, oktobar 3, 1985, pp. 141-150.
- [9] R.Bourne, *The Unix System*, Addison-Wesley, 1982.



Sl. 2.3. Grada mikroračunala na bazi mikroprocesora Intel 8080



Sl. 2.4. Blok-sхема mikroračunalskog sustava na temelju 16-bitnog mikroprocesora MC 68000



Sl. 2.5. Blok-sHEMA INTELIGENTNOG PERIFERIJSKOG UPRAVLJAČKOG SKLOPA MC 68120