

### 3. MIKROKRMILNIK MC68332

V tem učbeniku si bomo podrobneje ogledali dva mikrokrmilnika za aplikacije v močnostni elektroniki oz. elektromotorskih pogonih. O značilnostih digitalnega signalnega procesorja TMS320F240 bomo več govorili v pogl. 11, za referenčni mikrokrmilnik, skozi katerega bomo predstavili vse splošno zanimive arhitekturne značilnosti, pa smo izbrali MC68332 firme Motorola.

#### 3.1 Kratka zgodovina nastanka MC68332

##### 3.1.1 Procesor MC68000

Za nas zanimivo obdobje se je začelo sredi sedemdesetih let. Takrat je Motorola predstavila svoj zelo znani 8-bitni mikroprocesor MC6800. Nedolgo za tem je sledila še dodatna periferija, s čimer je celotna družina postala standard na področju procesne tehnike. Pet let pozneje je nastal 16-bitni MC68000 s pripadajočim okoljem.

Popularnost teh mikroprocesorjev je posledica preproste arhitekture in nezahtevne povezav z zunanji elementi. Oba procesorja sta bila osnova za nastanek dveh različnih družin mikroprocesorjev in mikrokrmilnikov, kot sta na primer 8-bitni MC68HC11 (osnova MC6800) in 32-bitni MC68332 (osnova MC68000).

Lastnosti originalnega MC68000 so:

- CISC (Complex Instruction Set Computer) - računalnik s kompleksnim naborom ukazov,
- osem 32-bitnih podatkovnih registrov za splošno rabo (D0-D7),
- osem 32-bitnih naslovnih registrov za splošno rabo (A0-A7); A7 je kazalec sklada ("stack pointer"),
- 32-bitni programski števec (Program Counter - PC) - linearno 4 Gbyte - brez segmentov in strani,
- 16-bitno zunanje podatkovno vodilo, ki je lahko povezano z 8- ali 16-bitnim pomnilnikom in periferijo,
- 16 Mbytov linearno naslovljivega prostora (24 bit),
- 56 tipov ukazov (z različnimi načini naslavljanja več kot 1000 ukazov),
- "memory mapped" I/O - vhodi/izhodi so naslovljeni kot pomnilniški prostor,
- 14 načinov naslavljanja,
- 5 glavnih tipov podatkov (bit, byte, BCD, beseda in dolga beseda),
- 7 nivojev prekinitve,
- 5 V NMOS dinamična struktura.

Po naslednikih osnovne verzije MC68008 in MC68010 se je pojavil procesor MC68020, ki je nekaj let za tem postal osnovni sestavni del mikrokrmilnika MC68332. MC68020 že vsebuje 32-bitno naslovno in 32-bitno podatkovno vodilo ter možnost naslavljanja "cikel po cikel" 8-, 16- in 32-bitne periferije. Procesor je združljiv s svojimi predhodniki, dodanih pa je še 20

novih ukazov ter 256 bytni ukazni predpomnilnik. MC68020 so sledili novejši procesorji MC68030, MC68040 MC68060.

Naslednja tabela kaže primerjavo med posameznimi procesorji družine 68XXX.

	<b>68000</b>	<b>68010<sup>I</sup></b>	<b>68020</b>	<b>68030</b>	<b>68040</b>	<b>68060</b>
<b>Podatkovno vodilo</b>	16	16	8/16/32	8/16/32	32	32
<b>Naslovno vodilo</b>	24	24	32	32	32	32
<b>Virtualni pomnilnik</b>	-	DA	DA	DA	DA	DA
<b>Ukazni predpomnilnik</b>	-	3	256	256	4096	8192
<b>Podat. predpomnilnik</b>	-	-	-	256	4096	8192
<b>Upravnik spomina</b>	68541/ 68851	68541/ 68851	68851	DA	DA	DA
<b>FPU<sup>II</sup> vmesnik</b>	-	-	68881/ 68882 <sup>III</sup>	interno	interno	interno
<b>Vgrajena FPU</b>	-	-	-	-	DA	DA
<b>Tip podat cikla</b>	asnihr.	asnihr.	asnihr.	asnihr.	oba	sinhr.
<b>Sprem. dolžine vodila</b>	-	-	DA	DA	68150	68150

*Pripombe:*

- I. 68010, 68008 in 68541 se pri Motoroli ne proizvajajo več (MC68008 je MC68000 z 8-bitnim zunanjim podatkovnim vodilom).
- II. FPU (angl. "Floating Point Unit"): enota za operacije s plavajočo vejico (matematični koprosesor), vsebuje šest 80-bitnih registrov.
- III. MC68882 je izboljšana verzija MC68881.

### 3.1.2 Mikrokrmilniki serije MC68300

Iz procesorjev družine MC68XXX so se razvili mikrokrmilniki serije MC683XX, med katere sodi tudi MC68332. Serija sloni na procesorju CPU32, ki je zasnovan na MC68020. Naslednja tabela podaja karakteristike mikrokrmilnikov serije MC683XX.

	<b>68330</b>	<b>68331</b>	<b>68332</b>	<b>68F333</b>	<b>68340</b>	<b>68341</b>
<b>Jedro CPU</b>	CPU32	CPU32	CPU32	CPU32	CPU32	CPU32
<b>TPU (časovnik)</b>	-	-	DA	DA	-	-
<b>DUART</b>	-	-	-	-	DA	-
<b>Statični RAM</b>	-	-	2 Kbyte	4 Kbyte	-	-
<b>Flash EEPROM</b>	-	-	-	64 Kbyte	-	-
<b>A/D pretvornik</b>	-	-	-	DA	-	-
<b>Serijska vrata</b>	2	2	2	2	-	2
<b>DMA</b>	-	DA	-	DA	2	DA
<b>Časovnik</b>	2	GPT <sup>I</sup>	-	1	2	DA
<b>Paralelna vrata</b>	2	-	-	18 bit	2	2
<b>Chip select</b>	4	12	12	9	4	8

I. GPT (General Purpose Timer): časovnik za splošne namene.

### 3.2 Značilnosti mikrokrmilnika MC68332

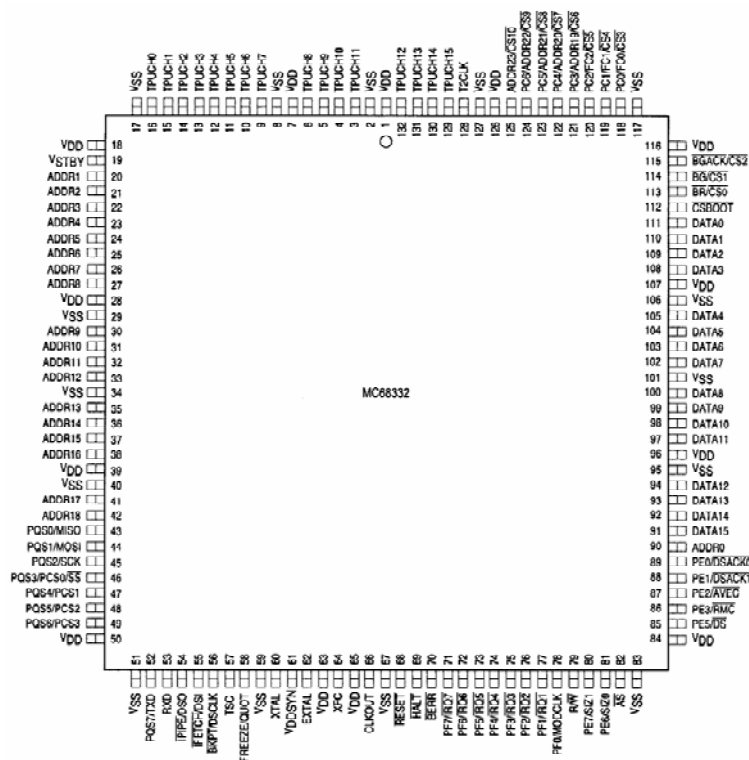
MC68332 se še pogosto uporablja v sodobnih krmilnih in regulacijskih sistemih, čeprav ne sodi med najsodobnejše mikrokrmilnike. Njegove poglavitne značilnosti so posrečena kombinacija podsestavov, dobra podpora ter enostavnost in zanesljivost. Za nas bo zanimiv predvsem z didaktičnega stališča, saj združuje arhitekturo klasičnih procesorjev in splošno uporabne module (npr. za serijsko komunikacijo, digitalne vhodno/izhodne enote, zajemanje ali generiranje časovno odvisnih pulzov itd.).

Glavne značilnosti MC68332 so:

- CISC (Complex Instruction Set Computer) - računalnik s kompleksnim naborom ukazov.
- Osem 32-bitnih podatkovnih registrov za splošno rabo (D0-D7).
- Osem 32-bitnih naslovnih registrov za splošno rabo (A0-A7); A7 je kazalec sklada ("stack pointer").
- 32-bitni programski števec (Program Counter - PC) - linearno 4 Gbyte - brez segmentov in strani.
- 16-bitno zunanje podatkovno vodilo, ki je lahko povezano z 8- ali 16- bitnim pomnilnikom in periferijo.
- 16 Mbytov linearno naslovljivega prostora (24-bitno vodilo).
- Dvoprocorski sistem (CPU in TPU).
- Modularna zgradba.
- Frekvenca 16,78 MHz, 20,97 MHz ali 25 MHz, enotno napajanje 5 V ali 3 V (odvisno od inačice)<sup>1</sup>.
- HCMOS (High Density Complementary Metal-Oxide Semiconductor) tehnologija - 422000 tranzistorjev.
- "Memory mapped" I/O - vhodi/izhodi so naslovljeni kot spomin.
- 100 ukazov.
- 14 načinov naslavljanja.
- 5 glavnih tipov podatkov (bit, byte, BCD, beseda in dolga beseda).
- 7 nivojev prekinitev.
- Majhna poraba (največ 600 mW). Računalnik lahko tudi postavimo v posebno stanje minimalne porabe (500  $\mu$ W) z ukazom LPSTOP. V tem stanju ne izvaja nobenih operacij, z normalnim delovanjem pa začne ob zunanji zahtevi.
- PQFP (Plastic Quad Flat Package) ohišje (slika 3.1) s 132 nožicami.
- Kompatibilen z mikroprocesorsko družino MC68000 (od MC68010 navzgor).
- Maksimalno število vhodno/izhodnih diskretnih nožic: 32.
- Možnost uporabe 12 softversko nastavljivih CS signalov za naslavljanje zunanjih čipov.
- Inteligentni 16-bitni časovnik in 16 neodvisnih kanalov s programirljivimi funkcijami zajemanja ali generiranja pulzov (TPU).

---

<sup>1</sup> V našem primeru bomo obravnavali inačico z urino frekvenco 16,77 MHz in napajalno napetostjo 5 V.



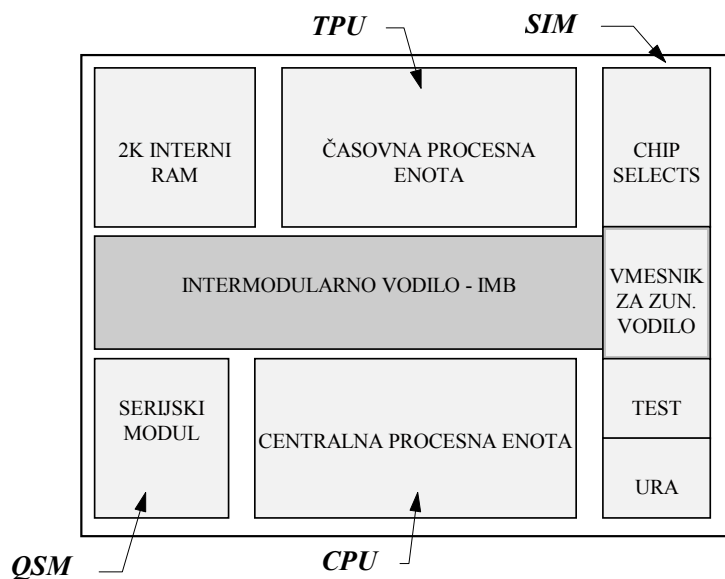
***Slika 3.1: Izgled mikrokrmilnika MC68332***

Mikrokrmilnik sestavljajo naslednje funkcijske enote - moduli (slika 3.2):

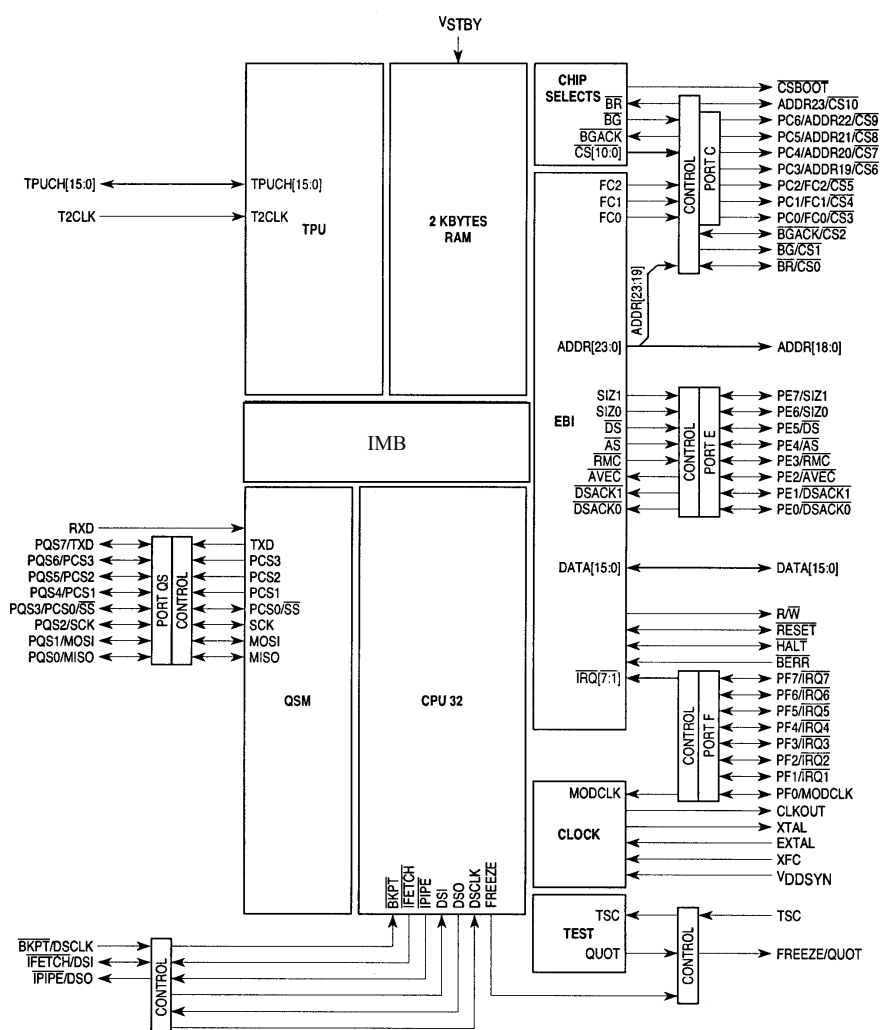
- **Centralna procesna enota** (Central Processor Unit) - CPU: glavni del krmilnika, ki nadzira delovanje ostalih modulov.
- **Časovna procesna enota** (Time Processor Unit) - TPU je drugi procesor, ki je zadolžena za časovne funkcije.
- **Serijski modul** (Queued Serial Module) - QSM je zadolžen za asinhronsko (SCI) in sinhronsko (QSPI) serijsko komunikacijo s periferijo.
- Interni 2 Kbyte **RAM** (Standby RAM)<sup>2</sup> omogoča najhitrejšo shranjevanje spremenljivk.
- **Modul za izbiro čipov** (Chip Selects) omogoča minimiziranje hardverskega dela za naslavljanje periferije. Skupaj z naslednjimi tremi podmoduli sestavlja Modul za integracijo sistema (System Integration Module - SIM).
- Notranja **sistemska ura** - (System Clock) določa takt izvajanja operacij.
- **Testni modul** (Test Module) je namenjen za tovarniško testiranje pravilnosti delovanja.
- **Vmesnik k zunanjem vodilu** (External Bus Interface) - EBI povezuje krmilnik z okolico preko vodil ali digitalnih vhodno/izhodnih nožic.
- **Medmodularno vodilo** (Intermodular Bus) - IMB povezuje ostale module.

Slika 3.3 kaže funkcije nožic MC68332.

<sup>2</sup> Ob izpadu napajanja lahko vsebino RAM-a na čipu ohranimo s pomočjo zunanjega vira (baterije) na nožici V<sub>STRY</sub> (min. 3,0 V).



Slika 3.2: Principielna blokovna shema mikroračunalnika MC68332



Slika 3.3: Oznake nožic mikroračunalnika MC68332