

1. Mikrokontrolleru pamati

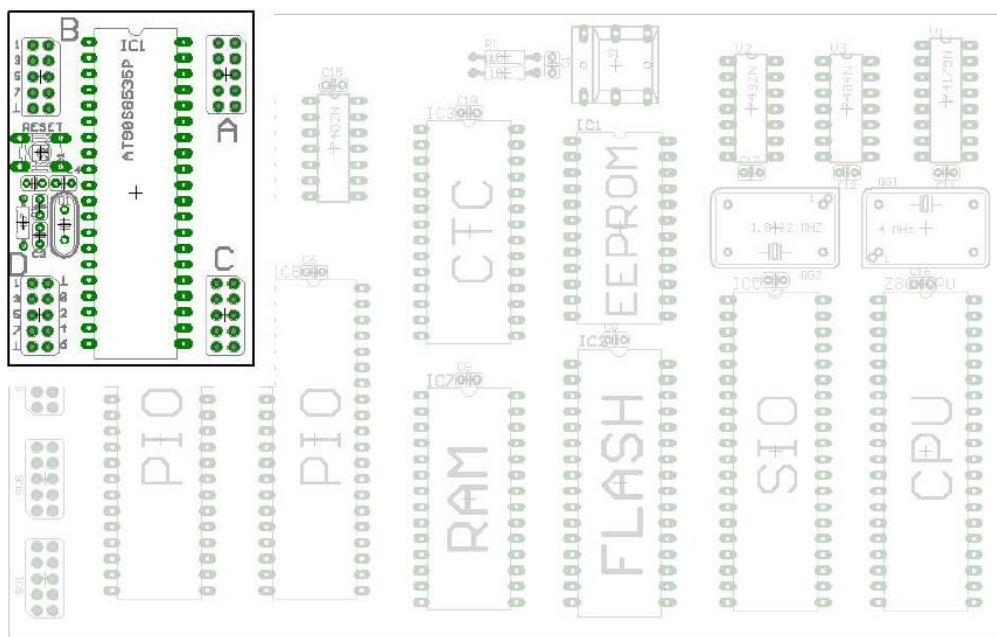
Jau tajā laikā kad Intel pirmo prezentēja piemo mikroprocesoru, pasaulē jau bija pieprasījums pēc mikrokontrolieriem. „Texas Instruments” izstrādātais TMS1802 kas bija radīts priekš kalkulatoriem, 1971 gadā tika pielietots priekš kases aparātiem, pulksteņiem un dažādiem mērinstrumentiem. TMS 1000 tika laists klajā 1974 gadā, tajā bija iestrādāts RAM, ROM un I/O pašā čipā un tas bija kā pirmais mikrokontrolieris, kaut arī to sauca par mikrokompjuteru. Pirmie kontrolieri kas guva izplatītu pielietojumu bija Intel 8040. Tie tika iestrādāti datora klaviatūrās, tā pat kā Intel 8058 un 68HCxx sērijas mikrokontroleri kurus izstrādāja kompānija „Motorola”.

Šobrīd saražoto mikrokontrolieru skaits gadā tiek skaitīts miljardos un kontrolieri ir iestrādāti daudzās lietās ar kurām esam uzauguši un jau esam pie tām pieraduši:

- Mājsaimniecības ierīces (mikroviļņu krāsnis, mazgājamās mašīnas, kafijas automāti...);
- Telekomunikācijas (mobilie un mājas telefoni);
- Automašīnu industrijā (degvielas padeve, ABS);
- Aerokosmiskajā industrijā;
- Industriālajā automatizācijā;
- ...

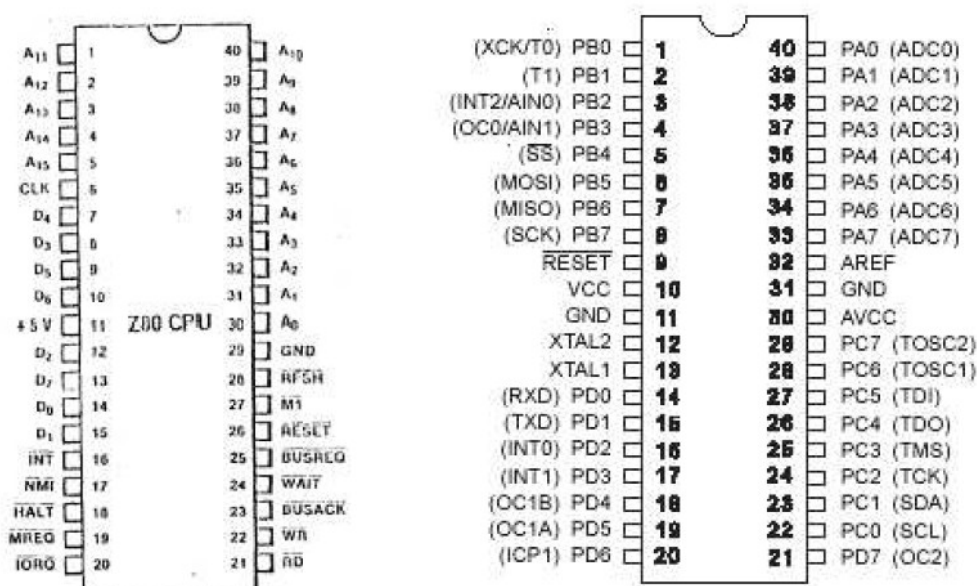
Bet kas ir mikrokontrolieri par kuriem šeit tiks runāts? Kāda ir to atšķirība no mikroprocesoriem? Un kādēļ vispār mikrokontrolieri ir nepieciešami? Lai sniegtu atbildes uz šiem jautājumiem iztēlosimies nelielu projektu: gaisa temperatūras kontroles sistēma. Pieņemsim ka mēs vēlamies:

- Periodiski nolasīt temperatūru (analogā vērtība, tiek digitalizēta izmantojot sensoru; izmanto 4 bitus),
- Kontrolē temperatūru pamatojoties uz šī brīža temperatūru (ieslēgt un izslēgt sildītāju; 1 bits),
- Attēlot šī brīža temperatūru vienkāršā 3 simbolu displejā (8+3 biti),
- Atļaut lietotājam piemērot temperatūras robežas (pogas; 4 biti),
- Jābūt iespējai konfigurēt/uzlabot sistēmu izmantojot seriālo interfeisu.



Zīmējums 1.2: ATmega16 plāte salīdzināta ar Z80 plati.

Šis piemērs skaidri un gaiši parāda atšķirību starp mikrokontrolleri un mikroprocesoru. Mikrokontrolleris ir procesors ar atmiņu un daudz citām iebūvētām komponentēm vienā čipā. Šis piemērs arī attēlo kādēļ mikrokontrolleri ir noderīgi. Plātes samazināšana ietaupa laiku, vietu un naudu.



Zīmējums 1.3: Z80 procesora (pa kreisi) un ATmega16 mikrokontrolleru pinu (līniju) izvadi.

Atšķirība starp kontrolieriem un procesoriem ir arī pamanāma to kontaktos. Attēlā 1.3. ir parādīti procesora Z80 savienojumi. Ir redzams tipiski procesora savienojumi. Ar adresu savienojumiem A0 – A15, datu savienojumiem D0 – D7 un dažiem kontroles savienojumiem INT, NMI, vai HALT. Atšķirībā no Z80, ATmega16 nav ne adresu ne datu savienojumi. Tā vietā tam ir 32 vispārējās nozīmes I/O savienojumi PA0 - PA7, PB0 – PB7, PC0 - PC7, PD0 – PD7, kuri var tikt izmantoti dažādu funkciju veikšanai. Par piemēru PD0 un PD1 var tikt izmantoti kā

saņēmēja un sūtīšanas līnijas seriālajam interfeisam. Neskaitot enerģijas padevi, tikai ar noteiktu nozīmi ir dažiem savienojumiem, RESET, ārējam kristālam/oscilatoram XTAL1 un XTAL2, un analogās voltāžas norādei AREF.

Tagad kad esat pārliecināti, ka mikrokontrolieri patiešām ir lieliski, parādās jautājums, kuru mikrokontrolleri izmantot dotajā aplikācijā. Tā kā cena ir nozīmīga, tad ir tikai loģiski izvēlēties lētāko ierīci kas atbilst aplikācijas vajadzībām. Kā rezultātā mikrokontrolieri tiek pielāgoti specifiskām aplikācijām un ir plašs loks ar mikrokontrolieriem no kā izvēlēties.

Pirmā izvēle kas izstrādātājam ir jāizdara ir jāizvēlas *kontroliera ģimene* – tā definē kontroliera arhitektūru. Visiem kontrolieriem ģimenē ir vienādi procesoru kodoli un tātad tiem ir arī saderīgs kods, bet tiem atšķiras atsevišķas komponentes, tādas kā taimeru skaits vai to cik ietilpīga ir atmiņa. Šobrīd tirgū ir pieejami vairāki ir vairāki mikrokontrolieri, apskatot to izplatītāu mājaslapas ir iespējams pārliecināties ka ir daudz dažādu kontrolieru ģimeņu, tādas kā, 8051, PIC, HC. ARM. Izvēloties ģimeni seko nākamā izvēle kas jāizdara, jo katrā no tām ir vairāki kontrolieri.

Controller	Flash (KB)	SRAM (Byte)	EEPROM (Byte)	I/O-Pins	A/D (Channels)	Interfaces
AT90C8534	8	288	512	7	8	UART, SPI
AT90LS2323	2	128	128	3		
AT90LS2343	2	160	128	5		
AT90LS8535	8	512	512	32	8	
AT90S1200	1	64		15		
AT90S2313	2	160	128	15		
ATmega128	128	4096	4096	53	8	JTAG, SPI, IIC
ATmega162	16	1024	512	35		JTAG, SPI
ATmega169	16	1024	512	53	8	JTAG, SPI, IIC
ATmega16	16	1024	512	32	8	JTAG, SPI, IIC
ATtiny11	1		64	5+1 In		SPI
ATtiny12	1		64	6		
ATtiny15L	1		64	6	4	
ATtiny26	2	128	128		16	
ATtiny28L	2	128		11+8 In		

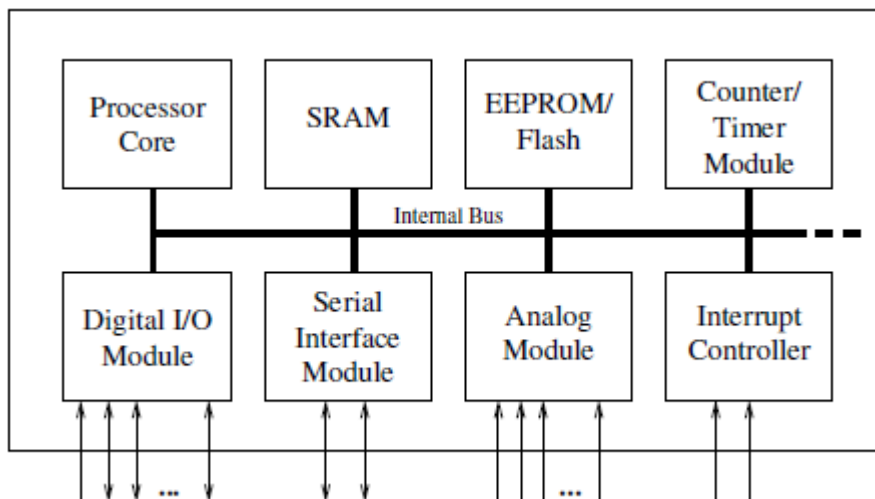
Tabula 1.1: Dažādu Atmel mikrokontrolleru salīdzinājums.

Tabulā 1.1. ir attēloti Atmel AVR ģimenes mikrokontrolieri. Viena lieta, kas visiem šiem kontrolieriem ir kopīga ir to AVR procesors, kuram ir 32 vispārēja mērķa reģistri un ir spējīgs veikt lielāko daļu darbību vienā ciklā.

Pēc kontroliera ģimenes izvēles, nākamais solis ir izvēlēties pareizo kontrolieri priekš nepieciešamā uzdevuma. Kā var redzēt 1.1. tabulā (kas sevī ietver tikai pamata kontroliera īpašības), kontrolieri ievērojami atšķiras ar to atmiņas konfigurāciju un I/O. Izvēlētajam kontrolierim, protams, vajadzētu segt aplikācijas datortehnikas prasības, bet tajā pat laikā ir svarīgi ņemt vērā aplikācijas ātruma un atmiņas prasības, kā arī svarīgi ir izvēlēties kontrolieri kas spēj piedāvāt pietiekami lielu veikspēju. Atmiņai var pielietot īkšķa likumu, tas nosaka ka aplikācijai vajadzētu aizņemt mazāk kā 80% no kontroliera atmiņas – tas dod nelielu rezervi

priekš vēlākiem papildinājumiem. Šis likums principā var pielietot pie jebkura kontroliera parametra izvēles. Vienmēr atmaksājas ja ir nelielas rezerves neparedzētiem gadījumiem.

Protams ja ir sarežģītās aplikācijās, iepriekš to izmērus noteikt nav tik vienkārši. Turklāt 32 bitu mikrokontroleros ir jāņem vērā ka ir jāiekļauj arī operētājsistēma lai varētu nodrošināt aplikācijas darbību. Tas protams palielina prasības. Priekš neliela 8-bitu kontroliera nepieciešams ņemt vērā tikai aplikācijas izmērus.



Zīmējums 1.4: Mikrokontrollera pamat izkārtojums.

Pamatā mikrokontroleros iekšējā uzbūve ir līdzīga. Attēlā 1.4. ir redzama bloka diagramma tipiskam mikrokontrolierim. Visas komponentes ir savienotas ar iekšējo kopni un visas ir iestrādātas vienā čipā. Moduļi ar ārpusauli tiek savienoti izmantojot I/O savienojumus.

Sekojošais saraksts sevī iekļauj moduļus kas parasti atrodas mikrokontroleros. Daudz detalizētāku aprakstu ir iespējams atrast nākamajās sadaļās.

Procesors (central Processor unit - CPU) : tas satur aritmētiski loģiskos elementus, vadības bloku, un reģistrus (steka rādītājs ,programmu skaitītāju, akumulatoru reģistru, reģistru failu, ...).

Atmiņa : atmiņa dažreiz tiek sadalīta programmas atmiņā un datu atmiņā. Lielākos kontroleros, DMA kontrolieris atbild par datu pārsūtīšanu starp perifērajām komponentēm un atmiņu.

Pārtraukuma kontrolieris : pārtraukumi ir noderīgi priekš normālas programmas darbības pārtraukšanas iekšēju vai ārēju notikumu rezultātā. Apvienojot to ar miega režīmu tie palīdz ietaupīt enerģiju.

Taimeris/skaitītājs : lielākā daļa kontrolieru ir aprīkoti ar vismaz vienu vai vairākiem taimeriem/skaitītājiem, kas var tikt izmantoti laika atkarīgiem notikumiem, intervālu mērīšanai, skaitīšanai. Daudzos kontroleros ir arī PWM (pulse width modulation) izejas, kas var tikt izmantotas lai vadītu motorus vai priekš drošas bremzēšanas (ABS antilock brake system).

Digitālais I/O : paralēlie digitālie I/O porti ir vieni no galvenajām sastāvdaļām mikrokontroleros. I/O savienojumu skaits variē no 3-4 līdz par vairāk kā 90. Atkarībā no kontroliera ģimenes un kontroliera tipa.

Analogie I/O : neskaitot dažus mazus kontrolierus lielākajā daļā mikrokontrolieru ir iebūvēti analogo/digitālo pārveidotāji, kas var atšķirties ar kanālu skaitu (2-16) un to rezolūcijām (8-12). Dažos gadījumos mikrokontroleros ir arī iestrādāti digitālā/analogā pārveidotāji.

Interfeisi : kontrolieri galvenokārt ir vismaz ar vienu seriālo interfeisu kas var tikt izmantots lai lejupielādētu programmu un priekš saziņas ar izstrādes datoru. Kopš seriālie interfeisi var kalpot arī priekš saziņas ar ārējām perifērijas ierīcēm, lielākā daļa kontrolieru piedāvā dažādus interfeisus, tādus kā SPI un SCI. Daudzi mikrokontrolieri ir ar iebūvētiem kopnes kontrolieriem priekš vis izplatītākajām kopnēm. IIC un CAN kontrolieri ir vadošie šajā lauciņā. Lielāki mikrokontrolieri ir aprīkoti ar PCI, USB, vai datortīkla interfeisu.

Watchdog taimeris : tas atbild par to lai kontrolieris tiktu pārstartēts gadījumā ja programmatūra neizpildās vai *uzkarās*.

Atklādošanas vienība: daži kontrolieri ir aprīkoti ar papildus tehniku lai būtu iespējama attālināta atklādošana no datora. Tātad ir nepieciešams lejupielādēt speciālu atklādošanas programmatūru, kam ir neliels pārākums, kļūdainais aplikācijas kods nevar pārrakstīt atklādotāju.

Pretēji procesoriem, mazāki kontrolieri nav aprīkoti ar MMU (memory management unit) un tiem nav kešatmiņa, tā kā tas rada papildu izmaksas.

Īsumā, mikrokontrolieris ir procesors kurš ir aprīkots ar atmiņu, taimeriem, paralēlajiem I/O savienojumiem un citām perifērijām. Galvenais elements kas to visu nosaka ir izmaksas: iebūvējot visus elementus vienā čipā ietaupa vietu un noved gan pie zemākām izstrādes maksām, gan īsāka izstrādes laika. Tas ietaupa gan laiku gan naudu, kas ir galvenie faktori iebūvētajās sistēmās. Papildus priekšrocības iebūvēšanā ir vienkārša uzlabošanas iespēja, zemāks enerģijas patēriņš, un augstāka uzticamība kas arī ir ļoti svarīgi kritēriji. Kā mīnusi var tikt minēti, izmantojot mikrokontrolieri lai atrisinātu uzdevumu programmā kas var tik risināt izmantojot arī datortehniku, mikrokontrolieris paveiks uzdevumu lēnāk kā to būtu spējīga paveikt datortehnika. Aplikācijas kurām ir svarīgs īss reakcijas laiks tomēr būs jāizmanto datortehnikas risinājums. Lielākā daļa aplikāciju un it īpaši tās kurām nepieciešama cilvēku līdzdalība (mikroviļņu krāsns, mobilais telefons) nav nepieciešams tik mazs reakcijas laiks, tātad šajās ierīcēs mikrokontrolieru izmantošana ir pareizā izvēle.

Īsi par lietotiem terminiem

Pirms tiek koncentrēta uzmanība uz mikrokontrolieriem, ļaujiet vispirms uzskaitīt dažus terminus kas bieži vien parādīsies šajā darbā.

Mikroprocesors : tas ir parasts CPU kādus var atrast jebkurā datorā. Komunikācija ar ārējām iekārtām tiek panākta izmantojot datu kopni, lai gan čips pārsvarā izmanto datu un adresu savienojumus tam ir arī daži kontroles savienojumi. Visas perifērijas iekārtas tiek pievienojas

izmantojot kopni. Mikroprocesors nevar funkcionēt viens pats, tam ir nepieciešama vismaz atmiņa un izvades iekārta lai tas būtu kam derīgs.

Der ielāgot, ka procesors nav kontrolieris. Lai vai kā daži izstrādātāji un izplatītāji savus kontrolierus iedala zem nosaukuma „mikroprocesors”. Šajā tekstā mēs izmantosim terminu procesors tikai priekš mikrokontroliera procesora kodola.

Mikrokontrolieris : Mikrokontrolieris ir jau ar visām sastāvdaļām kas ļauj tam darboties neizmantojot neko citu, un tas ir izstrādāts lai novērotu un kontrolētu uzdevumus. Neskaitot procesoru tajā ir arī atmiņa , dažādi interfeisa kontrolieri, viens vai vairāki taimeri, pārtraukuma kontrolieris, un vispārējas nozīmes I/O savienojumi, kas sniedz tiešo savienojumu ar citām ierīcēm. Mikrokontrolieri iekļauj arī bitu operācijas kas ļauj mainīt bitus baitā neietekmējot citus bitus.

Jauktā signāla kontrolieris : tas ir mikrokontrolieris kas var apstrādāt gan digitāls gan analogos signālus.

Iebūvētās sistēmas : lielākoties mikrokontrolieri tiek izmantoti iebūvētajās sistēmās. Tajās kontroles vienības ir iebūvētas sistēmās. Kā piemēru var minēt mobilo telefonu kur kontrolieris ir iekļauts ierīcē. Tāda tad arī ir iebūvētā sistēma. No otras puses skatoties ja rūpnīcā tiek izmantots parasts dators lai kontrolētu montāžas līniju tad te arī parādās termins iebūvētā sistēma. Tas pats parastais dators aprīkots ar parastu operētājsistēmu un kuru izmanto ražotnes apsargs lai pavadītu laiku noteikti nav iebūvētā sistēma.

Tekošā laika sistēma : kontrolieri bieži vien tiek izmantoti tekošā laika sistēmās, kur reakcija kādam notikumam ir jānotiek noteiktā laika sprīdī. Tā tas ir daudzos gadījumos, piemēram, aviācijā, vilcienos, automašīnu jomā.

Iebūvētais procesors : šis termins bieži vien parādās saistībā ar iebūvētām sistēmām un atšķirības starp kontrolieriem bieži vien ir grūti pamanāmas. Kopumā termins „iebūvētais procesors” tiek izmantots priekš augstas kvalitātes sistēmām (32/64 bitu) bet „kontrolieris” parasti tiek izmantots priekš zemākas klases ierīcēm (4,8, 16 bitu). Piemēram Motorola savus 32-bitu kontrolierus sauc par „32-bitu iebūvētie procesori”.

Digitālā signāla procesori (DSP) : Signāla procesors tiek izmantots priekš aplikācijām kam nepieciešams – apstrādāt signālus. Svarīga joma kur tas tiek izmantots ir telekomunikācijas, tā ka visdrīzāk arī Jūsu mobilajā tālrunī ir DSP. Tādi procesori tiek izstrādāti priekš ātras papildināšanas un multiplikācijas, kas arī ir galvenās operācijas signāla apstrādē. Tā kā uzdevumi kas prasās pēc DSP iekļauj sevī arī kontroles funkcijas tad daudzi izplatītāji piedāvā apvienotos hibrīda risinājumus kas apvieno kontrolierus ar DSP vienā čipā, tādi kā Motorolas SDP56800.