

5. A mikrovezérlők általános tulajdonságai

A hetvenes évek közepén a nyolcbites mikroprocesszorok népszerűsége rohamosan nőtt, a félvezető-gyártók egymás után kapcsolódtak be a μ P-gyártásba. A felhasználók pedig egyre igényesebbek lettek. A három fő követelmény a működési sebesség fokozása, a szóhosszúság növelése és a mikroprocesszor komplexebbé tétele volt. A reálisan gondolkodó gyártók felismerték, hogy az IC-gyártás technikai színvonalára nem tette lehetővé e három igény egyidejű teljesítését, a komoly cégek nem akarták annak idején kifejleszteni a szuper-mikroprocesszort. 1973–74 fordulóján kezdték el a félvezetőgyártók a korábbi PMOS-technológia helyett az NMOS-megoldást alkalmazni, az egy csipre integrálható tranzisztor-funkciók száma még minden áramkörtípusnál 10 000 alatti volt.

Ugyanakkor ezek az igények ötletet adtak új fejlesztési területek keresésére. A megjelenő új mikroprocesszorfejlesztési irányok:

- a sebesség növelése érdekében bipoláris processzorokat építettek, melyek (a rosszabb integrálhatóság miatt) csak egy-, illetve kétbitesek voltak; ezekből az ún. bitszeletelt mikrovezérlőkből azonban, egyszerű párhuzamosítással tetszőleges szóhosszúságú processzorokat lehetett kialakítani, mára ezek a típusok már nincsenek gyártásban;
- kidolgozták a 16 bites mikroprocesszorokat, ez egy rendkívül dinamikus fejlesztési iránynak bizonyult, ez eredményezte a mai processzorcsaládokat;
- igyekeztek egyetlen csipre integrálni a mikroprocesszort és a működtetéséhez szükséges áramköröket.

A harmadik, ma is rohamosan fejlődő terület termékeit eleinte egycsipes mikroszámítógépeknek nevezték, de a mikrovezérlő találóbb elnevezés. A mikrovezérlő komplett mikroszámítógép, mely a CPU mellett programtárat, adattárat, bemeneti és kimeneti egységeket is tartalmaz. A nagy teljesítményű informatikai rendszerek központi egységeként a mikrovezérlő nem használható fel. Hardverkialakítása és utasításkészlete is vezérlési feladatokra optimalizált.

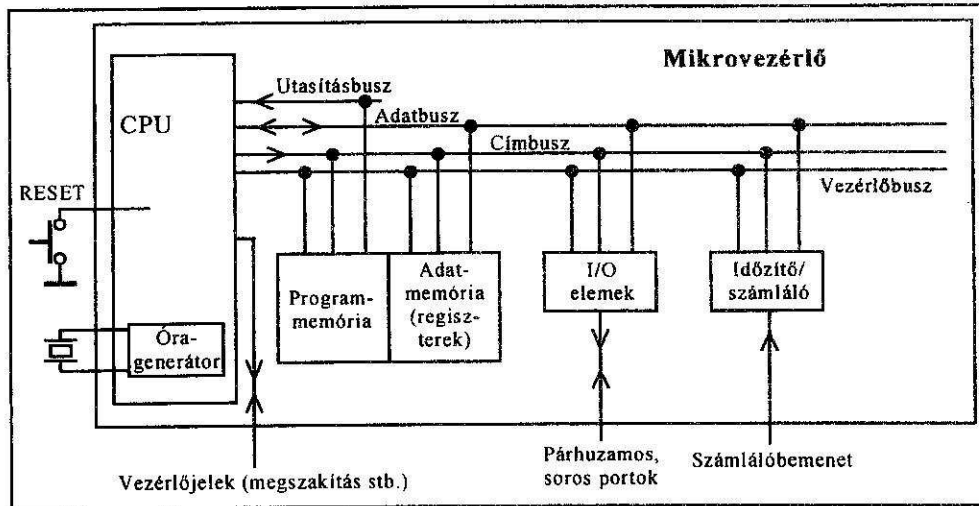
Az első egycsipes mikroszámítógépek kialakításakor még nem lehetett pontosan látni, milyen felhasználói kör fogja leginkább használni ezeket az elemeket, de hamarosan kiderült, hogy a különféle ipari, fogyasztói készülékek vezérlőegységeinek kialakítására alkalmasak elsősorban. A mikrovezérlő tehát nem általános célú mikroszámítógép, hanem elsősorban beépített (embedded), fedélzeti mikroszámítógépek központi eleme. Mikrovezérlő működteti az egeret, a billentyűzetet, a rádiótelefont, a telefaxkészüléket, a mosógépet, a mikrohullámú sütőt, a vezetékes telefonkészüléket, a telefonközpontokat, de ez a nyomtatók, fénymásolók és más irodatechnikai, híradástechnikai és ipari készülékek központi eleme is. Időközben az általános alkalmazhatóságú mikroprocesszorok is hatalmasat fejlődtek, az egyre kisebb méretű számítógépek (lap-top, notebook, palm-top) alaplapjaihoz egyre komplexebb csipkészletek jelennek meg, a teljes alaplap megvalósítható két vagy három IC-vel. A mai mikroprocesszorok már tulajdonképpen mindhárom igényt teljesítik, hiszen a 70-es évek mikroprocesszorainál sokszorosan gyorsabbak, számos beintegrált elemet (pl. aritmetikai egységet, gyorsítótárat) tartalmaznak, a szóhosszúságuk pedig már 32, illetve 64 bit. Mégis folytatódik a mikrovezérlők gyártása és fejlesztése, mert ezek más alkalmazási területre használhatók fel, sok olyan speciális tulajdonságuk és képességük van, amit a mikroprocesszorokba nem építenek be, és nem utolsósorban olcsó áramkörü elemek.

Érdeemes néhány szót szólni még a már említett egyik mikrovezérlőalkalmazásról, a PC-egerről. Ha szétszedjük, az egérben általában egyetlen mikrovezérlőt találunk, nincsenek külső kiegészítő áramkörü elemei. Az egér golyójának kétirányú mozgását optikai jeladók érzékelik, ezeknek a jelei közvetlenül a mikrovezérlőbe jutnak, s az állítja elő az RS232C jellegű soros jelet a PC számára (természetesen közben az egér gombjaival működtetett kapcsolókat is kezeli). Az egér különlegessége az, hogy látszólag nincs tápellátása! Az egérben nincs elem vagy akkumulátor, az IBM PC soros portról pedig tudni való, hogy nincs rajta tápfeszültség kivezetve a számítógépből! Az egérben mindig kis fogyasztású CMOS-mikrovezérlőváltozatot használnak, s a tápellátását, jellegzetes módon, a soros port egyik kimenőjelének H szintje biztosítja!

A mikrovezérlő általános felépítését az 5.1. ábra mutatja be. Sok, meglehetősen különböző kialakítású mikrovezérlőt gyártanak, de néhány fő elem mindegyikben szerepel. A legegyszerűbb mikrovezérlőben is megtalálható belső egységek a következők:

- központi egység (CPU),
- programmemória,
- adatmemória,
- minimum egy párhuzamos port,
- minimum egy időzítő/számláló.

(A programmemória egyes típusokból hiányzik, ezek külső tárból képesek programot kezelni.)



5.1. ábra

A mikrovezérlő buszrendszere belső buszrendszer, a felhasználó számára nem érhető el (zárt felépítés). A mikrovezérlő nem a Neumann-elv szerint használja a memóriákat, hanem a Harvard-architektúra szerint, azaz teljesen elkülönített programmemóriát és adatmemóriát tartalmaz. A programmemóriából csak utasításelemeket tud kiolvasni, ezt a memóriát a program nem tudja sem írni, sem közvetlenül olvasni. Az adatmemóriát viszont többnyire egyszerű utasításokkal csak adatbeírásra vagy adatvisszaolvasásra tudja használni. A buszrendszer kicsit összetettebbnek tűnik, mint a mikroprocesszoros mikroszámítógépeknél. Ennek az az oka, hogy az elkülönülő programmemória és adatmemória rekesztartalmait egymástól független vezetékkezegeken kezeli a mikrovezérlő. A mikrovezérlők memóriarendszerével foglalkozó 6. fejezetben sok további részletet tudunk majd meg a mikrovezérlők memóriakialakításáról, a memóriaterületek használatáról, a buszrendszeréről.

A mikrovezérlők egyes csoportjai képesek külső memória kezelésére, de ezeket csak a portpontokon keresztül lehet csatlakoztatni. Ennek az a hátrányos következménye, hogy a tényleges irányítási feladat megoldására felhasználható portpontok száma jelentősen lecsökken. A mikrovezérlők a külső memóriákat is a Harvard-elvnek megfelelően használják, két teljesen elkülönülő vezérlőjelcsoporttal kezelik a külső programmemóriát és a külső adatmemóriát. A külső memória által lekötött portpontok számának csökkentése érdekében ezek a memóriacsatlakoztatások többnyire buszmultiplexeléssel történnek, az adatvonalak ugyanazok a portpontok, mint amelyeken át az alsó nyolc címbit is kilép (természetesen időben eltolva egymáshoz képest). A mai nagy teljesítményű mikrovezérlőknél már sokszor tíznél több párhuzamos portot is kialakított a gyártó, így esetenként a nem-multiplexelt külső memóriakezelést is lehetővé teszik. Minderről a 6. fejezetben további részleteket ismerünk majd meg.

A külső memória csatlakoztatása legalább egy 8 bites párhuzamos portot leköt, ha pedig a címtartománya 8 bitnél nagyobb, egy második port pontjaira is szükségünk lesz a használata során. A probléma egyik lehetséges megoldása az, hogy az utóbbi években erőteljes fejlesztéssel kialakított soros adatelérésű memória-IC-eket helyeznek a mikrovezérlők mellé, így csak 2 vagy 3 portpontot köt le még a legna-

gyobb kapacitású külső memória is. Más mikrovezérlőgyártók azt a filozófiát követik, hogy minden vezérlési feladathoz meg kell keresni azt a mikrovezérlőt, amelyik külső áramkörüi segítség nélkül meg tudja oldani a feladatot. Tulajdonképpen igazuk van, az ezernyi mikrovezérlőváltozatból valószínűleg minden problémához lehet találni optimális áramkört!

A mikrovezérlőket családokban gyártják. A család tagjainak azonos a CPU-kialakítása, de sok változatban készülnek. Különböző memóriaparaméterekkel lehet vásárolni családtagokat, azonos CPU mellett találunk 1 KiB, 2 KiB, 4 KiB méretű programmemóriát, az adatmemória mérete többnyire a programmemóriával együtt nő a családtagoknál. A különféle paraméterekkel készülő áramkörökből álló család lehetővé teszi, hogy a feladathoz legjobban illeszkedő elemet lehessen felhasználni.

A különféle programmemória-jelleg a fejlesztés során tesz jó szolgálatot. A fejlesztés kiszolgálására különféle stratégiák léteznek. Az Intel a családtagokat EPROM és ROM programtárral gyártja, arra bízva, hogy a felhasználó a programfejlesztés fázisában használja az EPROM-os mikrovezérlőket. Ha a program kész, küldje be az Intelhez, ott maszkprogramozással a megfelelő darabszámú, ROM-memóriás áramkörbe betöltik ezt a programot. (Azoknak, akik ezt nem tudnák megfizetni, belső programtár nélküli változatokat is készít az Intel, ezek mellett külső programmemóriaként hagyományos EPROM-ot lehet használni.) Más mikrovezérlőgyártók is átvették ezt a megoldást, és EPROM-os valamint ROM-os változatokat készítenek. Néha azonban érik meglepetések is a felhasználót, mert a ROM-ot tartalmazó csip mégsem teljesen egyezik meg az EPROM-mal készített áramkörrel! Előfordul, hogy szélsőséges tápfeszültségen, szélsőséges hőmérsékleten, szélsőséges működési frekvencián különböző módon dolgoznak.

A Zilog az egyik mikrovezérlőjénél Piggy-Back megoldást használ: a mikrovezérlő tokozásának hátoldalán elhelyezett egy EPROM-foglatot, amit a token belül bekötött a mikrovezérlő buszrendszerére. Így a felhasználó a hagyományos EPROM-okkal tud programot fejleszteni, ugyanaz az áramkör a fejlesztőelem és a végleges mikrovezérlő, de ez a megoldás igen költséges!

A Microchip a PIC-mikrovezérlőket egységes kivitelben készíti. Ezek CMOS EPROM csipek, a programfejlesztéshez az ablakos változatot kell megvenni. Ha kész a program, azt az OTP kivitelű, zárt műanyag tokozású áramkörökbe kell betölteni, mivel ezek ára törtrésze a kvarcablakos, fémkerámia tokozású változatok árának. Mivel ugyanaz a csip van a kvarcablakos és a zárt műanyagból készült tokozásban, az azonos működés is garantált! A Microchipnek van még egy specialitása, a Flash-alapú mikrovezérlő! Ennek programtárát villamosan lehet törölni, így leegyszerűsödik a programfejlesztési munka.

A mikrovezérlőkkel kapcsolatban is használjuk a periféria kifejezést. Itt a mikrovezérlőbe beépített egységeket értjük alatta. Nem sorolják ebbe a körbe a központi egységet (CPU) és a belső memóriákat, de a további elemeket már igen. Perifériák tehát a párhuzamos portok és az időzítő/számláló egységek is!

A mikrovezérlők néhány típusánál nincs megszakítási lehetőség, de azért többnyire a sokoldalú megszakítási rendszer a jellemző, nagyszámú külső megszakítási lehetőséggel és belső megszakítást kezdeményező eseménnyel. A megszakítások rögzített címről indítanak szubrutint, nem vektoros jellegűek, és többnyire teljes körűen maszkolhatók. Egyre gyakoribb, hogy a mikrovezérlő működése közben kialakuló hibahelyzet is megszakítást generál.

A mikrovezérlők és a külvilág között elsősorban a párhuzamos portok teremtenek kapcsolatot. Minden mikrovezérlőnek van legalább egy darab nyolcbites párhuzamos portja, a fejlettebbekben nagyobb számban is találunk ilyeneket. A nyolcbites mikrovezérlők esetében a párhuzamos portok is nyolcbitesek. A párhuzamos portok minden esetben kétirányúak, de nem mindig valódi kétirányúak. A párhuzamos portokról a 7. fejezetben olvashatunk.

A kommunikációs lehetőségek terén a mikrovezérlők ma már igen sok lehetőséget nyújtanak. A mikrovezérlők egymás közötti kommunikációs kapcsolatait, a soros adatkezelésű áramkörök használatát a soros portok teszik lehetővé. A hagyományos RS232C soros port mellett egyre újabb lehetőségeket is beépítenek. Az ipari szabvánnyá vált korszerű szinkron soros átviteli megoldások (I²C, Microwire stb.) mind megjelentek már a mikrovezérlőknél is.

A mikrovezérlők veremtára mindig belső verem, hiszen ezeknek az áramköröknek külső memória nélkül is működniük kell. Emiatt a mikrovezérlő verme többnyire nem túlságosan sok cím befogadására alkalmas. Az utasításkészletben általában nincsenek közvetlen veremfelhasználó utasítások, a vermet a legtöbbször csak a CALL, RETURN utasítások használják címkezelésre.

A programozható belső elemek kezelésére két megoldást alkalmaznak a mikrovezérlők. Az egyik a közvetlen utasításos kezelés, amikor minden működési eseményt egy-egy utasítás vált ki. Ez egyrészt terjedelmessé teszi az utasításkészletet, másrészt ha a mikrovezérlőt továbbfejlesztik, új elemekkel egészítik ki, mindig változik az utasításkészlet, változik a fejlesztőrendszer is.

A másik lehetőség az, hogy az adatmemóriában kialakítanak egy regisztermezőt (SFR, speciális funkciójú regiszterek területe). A programozható belső egységeket úgy szervezik meg, hogy működésüket egy-egy SFR-regiszter tartalma vezérelje. Az utasításkészletben pedig csak két utasítás kell: regiszterírás, regiszterolvasás. Ha bővül a mikrovezérlő, újabb SFR-regiszterek jelennek meg, az utasításkészlet azonban nem változik.

Az ipari irányítási feladatokban gyakori az, hogy analóg jelet kell fogadni, illetve analóg kimenőjelet kell előállítani. Eleinte a mikrovezérlők mellett külső konvertereket kellett felhasználni, de az újabb fejlesztésű mikrovezérlőcsaládok egyes tagjaiban már megtalálható az A/D átalakító, általában sokcsatornás analóg multiplexerrel együtt, s az analóg jelek előállítása érdekében a PWM kimeneti egység. Egyik-másik, az analóg jelkezelésre különösen alkalmassá tett mikrovezérlőt egyenesen analóg jelprocesszor-ként hirdeti gyártója.

Mivel a mikrovezérlők a berendezésbe rejtetten, felügyelet, operátori beavatkozási lehetőség nélkül végzik munkájukat, sok különféle biztonsági megoldást kell a gyártóknak alkalmazniuk. Ha külső zavar miatt a mikrovezérlő lefagy, vagy hibásan értelmezi a programjait, a beépített védelmi megoldások (automatikus reset, Watch-Dog Timer) biztosítják, hogy a helyes működés helyreálljon. A 10. és a 11. fejezet foglalkozik ezekkel a megoldásokkal.

A mikrovezérlős elektronika sokszor a hálózattól függetlenül működik. Az ilyen elemes, akkumulátoros készülékeknél létfontosságú, hogy takarékoskodni lehessen a tápenergiával. A mikrovezérlők ezért (szoftver úton) stand-by állapotba helyezhetők. Abban nagy különbségek vannak, hogy egy-egy típusnak hányféle ilyen csökkentett tápenergiájú állapota van, hogyan lehet ezekben az állapotokba vezérelni az áramköröket és hogyan lehet onnan kihozni a mikrovezérlőt. Igen jól használható az a megoldás, ahol megszakítással is feléleszthető a mikrovezérlő, vagy ahol a bemenetére kapcsolt billentyűzet megérintése ébreszti fel a csökkentett tápáramú helyzetből.

A mikrovezérlő hatékonyságát fokozza, ha van olyan stand-by állapota, amelyben nem teljesen tétlen. Megoldható pl. hogy egy időzítő, a soros port, az A/D átalakító működjön a stand-by állapotban, s ekkor a minimális tápáramfelvétel ellenére egyes műveleteket még el tud végezni a mikrovezérlő. Ennek többnyire az a feltétele, hogy ezek a részegységek saját, független belső oszcillátorral legyenek kialakítva, mert a mikrovezérlő alaposzcillátorát a stand-by üzemben mindenképpen le kell állítani (ha az alap oszcillátor működik, a felvett tápenergia mindig jelentős értékű!).

Egy más jellegű védelmi feladat a betöltött program védelme illetéktelen kiolvasástól. Erre a mikrovezérlőkben több különféle megoldást is alkalmaznak (ld. 10. fejezet).

Az eddigiekben áttekintettük a mikrovezérlők hardver jellemzőit. Az irányítási célra optimalizált felépítés többszörösen felismerhető volt. Néhány jellegzetesség:

- a Harvard-architektúra biztonságos adatkezelést, érinthetetlen és véletlen módosításoktól nem fenyegetett programokat jelent,
- a párhuzamos portok biztosítják a vezérlőjelek fogadását és kiküldését,
- az időzítési feladatok sokoldalú megoldásait biztosítják az időzítő/számláló egységek,
- a sokoldalú megszakítási rendszer lehetővé teszi, hogy a mikrovezérlő azonnal reagáljon, ha környezetében valamilyen esemény történik,
- a kompakt felépítés lehetővé teszi az egycsipes készüléképítést, ami tápellátás, üzembiztonság szempontjából ideális,
- a családjellegű fejlesztés révén az irányítási feladathoz mindig megtalálható az optimális áramkör,
- a nagyszámú belső regiszter lehetővé teszi az irányítási adatok tárolását, kezelését,
- a korszerű SFR-jellegű megoldások a periférikus elemek egyszerű, biztonságos kezelését biztosítják,
- a tápenergia-megtakarítás a kihelyezett, magára hagyott egységeknél is hosszú ideig tartó, hálózat nélküli, biztonságos üzemet biztosít,
- sokoldalú védelmi megoldások teszik lehetővé a felügyelet nélküli biztonságos üzemet.

A mikrovezérlők utasításkészlete általában nem tartalmaz magas szintű számítástechnikai műveleteket alkalmazó utasításokat. A vezérlési felhasználáshoz illeszkedően sokoldalú bitkezelő utasításokat találunk az áramköröknél, a portok és a belső regiszterek bitjeit egyenként lehet 0-ra vagy 1-re állítani, tesztelni.

A legtöbb mikrovezérlőnél az utasításkészletben száznál kevesebb utasítás található, sok típusnál az utasítások száma alig több 30-nál. A gyártók ezért esetenként RISC-jellegű processzorként hirdetik mikrovezérlőiket.

Az utasítások általában sokoldalú címzési lehetőségeket biztosítanak. Egyes mikrovezérlőknél a belső memória egy része is bitcímezhető, azaz egy utasítás egy belső regiszter egyetlen bitjére vonatkozik. Ez a kimenő vezérlőjelek beállítását, előkészítését, az SFR-regiszterek kezelését nagymértékben leegyszerűsíti és meggyorsítja.