

8051-es Mikrocontroller- és Assembler-tanfolyam

BEPILLANTÁS AZ INTEL MCS-51 CSALÁDBA



ALAPKURZUS

Aki az Elektor legújabb kiadványait ismeri, az tudja, a mikrokontrollerek az elektronika valamennyi területére bevonultak. Legyen az egy RDS-dekóder vagy MIDI-Programváltó, ma már semmi sem oldható meg e sokoldalú és olcsó, programozható alkatrészek nélkül.

SZERZŐ:
DR. MARTIN OHSMANN,
MÉRNÖK

Ennek a trendnek (melyet „nemzetközi nyelven” Embedded Controlnak, azaz – botcsinálta fordításban – beágyazott vezérlésnek mondanak) a figyelembevétel céljából most egy új tanfolyamot kezdünk az Intel MCS-51 sorozatába tartozó, széleskörűen elterjedt és könnyen beszerezhető mikrocontroller programozásának és alkalmazásának

megismerése céljából. A tanfolyam témája egyrészt a programozás, másrészt pedig a különböző hardverbővítések csatlakoztatása is. A tanfolyamot azoknak szánjuk, akik a magasabb szintű programnyelveken (legalább a BASIC-en) és az elterjedt számítógépeken (pl. IBM PC-ken) egy kis programozási tapasztalattal rendelkeznek és ezeket az ismereteiket kívánják továbbfejleszteni a hardverszínthez legközelebb álló programozás alapjainak elsajátítása érdekében. Természetesen egy kis hardvertapasztalatra is szüksége van annak, aki a tanfolyamon bemutatott gondolatokat maga akarja mikrocontroller-vezérelt projektekbe felhasználni. Ez azonban az Elektor állandó olvasói számára nem okozhat problémát.

Aki csak a tanfolyamot

akarja elvégezni, annak elegendő már egy kis hardverismeret is, mert a tanfolyam keretében egy komplett hardverkialakítást is bemutatunk.

A résztvevők a tanfolyam végén (remélhetőleg) abban a helyzetben lesznek, hogy az eddig egyre halogatott projekteket mikrocontroller segítségével meg tudják valósítani, legyen szó például személyes dallammal ébresztő kakukkosóráról és születésnap-jelzőről, LC-kijelzővel működő V24-interfész analízátorról vagy, V24-interfesszel ellátott teljesítménymérőről és valódi effektívérték-meghatározásról. Mindezt lehetővé teszi az Elektor korábbi számaiban ismertetett projektek néme-lyikének (pl. a Compuboard vagy a 80C32-EPC) kismértékű hardver bővítése, némi célorientált szoftverrel kombinálva. A kreativitás kibon-

takoztatásának ezután már semmi akadálya sincs. Ám a sikerhez vezető út sajnos nem könnyű.

Szoftver

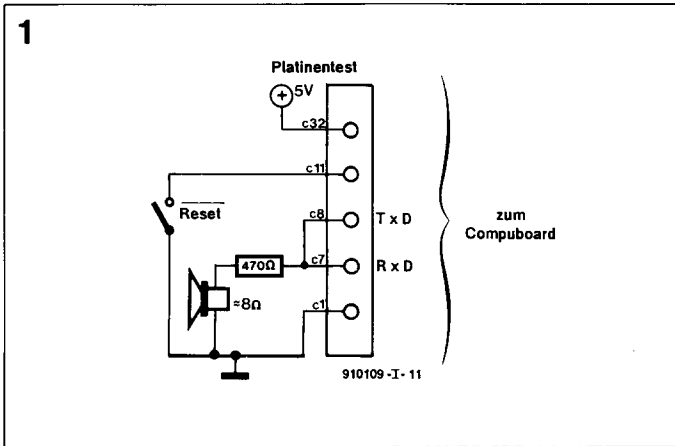
Célunk minél gyorsabb és minél könnyebb elérése érdekében a tanfolyamot az IBM-kompatibilis PC-khez szükséges programozási segédletek gyűjteménye támogatja (előkészületben van egy Atari-St változat is.) Egy diszketten valamennyi szükséges programozási segédeszköz megtalálható:

- A 8051 Assembler, EASM51 (a PASCAL-forráskódot is beleértve)
- A V24COM terminál-program (a PASCAL-forráskódot is beleértve)
- Az EMON 51 8051-MONITOR-program
- Különböző 8051 program-példák
- Rövid útmutatók az előbbiekhöz. DOC fájlokban

Különösen a számos program-példa ad lehetőséget az assembler terén kezdő olvasóinknak arra, hogy egy sor programozási technikát konkrét példán sajátíthassanak el.

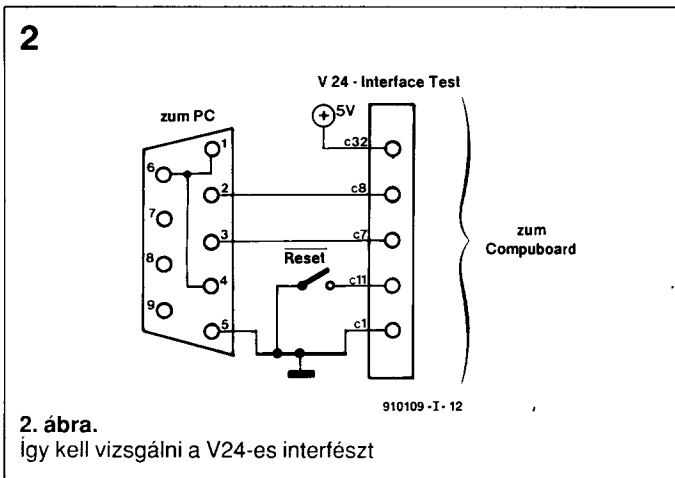
Hardver

Hardverként az Elektorban korábban ismertetett Compuboardot használjuk. Ez a szoftver- és hardverfejlesztéshez kitűnő alapot nyújt. Tanfolyamunk számára alkalmassá tétele érdekében azonban megfelelően kell beültetni és módosítani: az órafrekvenciák, időintervallumok, valamint a PC-k felőli- és a PC-k felé irányuló adatátviteli sebesség egységes meghatározása céljából egy 12 MHz-es kristályt kell használni. Hogy ez a kristály valamelyik felharmonikusán jelentős rezgést ne keltsen, a kapcsolásban vele párhuzamosan kötött L1 tekercset el kell távolítani. A következő lépésben be kell forrasztani az A áthidalást. Ezzel a controller hozzáfér a panelon található IC7 EPROM-hoz. Controllerként a 8051, 80C51, 8052, 80C52, 8031, 80C31, 8032 és 80C32



1. ábra.

A Compuboard teszteléséhez a tápfeszültséget, egy nyomógombot és egy kishangszórót kell a dugaszolható csatlakozóra kötni



2. ábra.

Igy kell vizsgálni a V24-es interfészt

tipusok használhatók. A beültetett panellel végzendő első teszthez még csatlakoztatni kell a PC-t (vagy az ATARI-t) a soros interfész útján a Compuboard-hoz és máris következik a bekap... Állj! Ide még nem jutottunk el! EPROM nélkül sajnos egyáltalán nem működik semmi. Így következő pontunk a monitor-EPROM ismertetésével foglalkozik.

Monitor-EPROM

Bekapcsolás után minden számítógépnek egy végrehajtható programra van szüksége. Ezt az alprogramot monitorprogramnak nevezük. A monitorprogramot készen is beszerezhetjük, de magunk is elkészíthetjük, ha vállalkozunk arra, hogy az említett programdisketten található EMON51.HEX (az EPROM-tartalom Hexdump-je) és egy EPROM programmer segítségével beégetjük az EPROM-ba.

Az EPROM-ban egy sor hasznos segédprogram és alprogram található, melyek a leendő programozó életét megkönnyítik és amelyeket a tanfolyamon meg fogunk ismerni. Ezek rövid áttekintése:

Segédprogramok

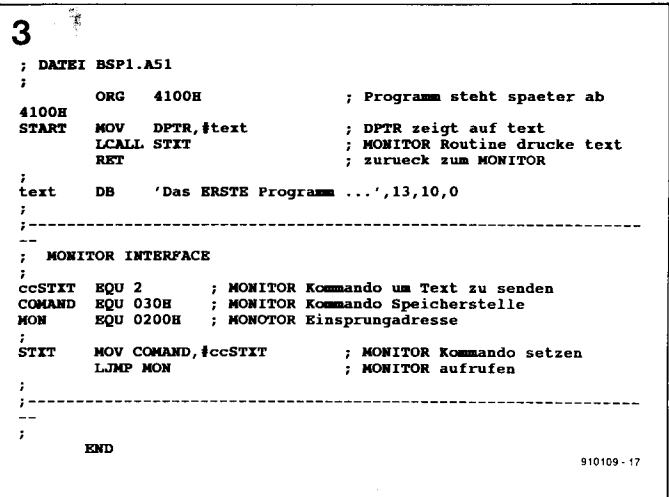
- Programok betöltése
- RAM/EPROM-tartalmak megjelenítése
- Regiszter módosítása

Alprogramok

- Beviteli/kihozatali I rutinok
- Aritmetikai rutinok

A szokásos módon beégetett EPROM-ot az első teszt elvégzése céljából az erre szolgáló foglalatba kell bedugaszolni. A 64 pólusú csatlakozósáv ehhez szükséges bekötése az 1. ábrán látható.

Ha a Compuboard-hoz derékszögű dugósávot csatlakoztatunk, akkor a számozás sok esetben nem egye-



3. ábra. Példa az assembler-programra

1. ábra.

Platintest: panelvizsgálat
Reset: nullázás (resztelés)
zum Compuboard: a Compuboard-hoz

2. ábra.

V24-Interface Test A V24-es interfész vizsgálat
zum PC: a PC-hez
zum Compuboard: a Compuboard-hoz
Reset = nullázás

zik. Ezért a tápfeszültség bekapcsolása előtt ellenőrizni kell, hogy minden helyesen került-e bekötésre. Legkésőbb a Reset-nyomógomb megnyomása után a hangszóróból néhány hangnak kell hallatszania. Ha ez nem következik be, akkor kezdődhet a kínos hibakeresés. Az első teszt még akkor is lefut, ha IC6-ot (RAM), IC9-et (külső címmeghajtó), IC11-et (külső kapumeghajtó) és IC10-et (külső buszmeghajtó) eltávolítottuk. Ezeket az IC-eket tehát ki lehet venni és újra szerencsét lehet próbálni. Akinek van oszcilloszkópja, arról is meggyőződhet, hogy az ALE-impulzus (a kontroller 30-as kivezetése) tisztán kerül-e generálásra, azaz stabil négyszögfeszültség mérhető-e 166 ns hosszúságú impulzusokkal és 833 ns hosszúságú impulzus-szünetekkel (kb. 1:5-ös jel-szünet arány) és 4 V körüli csúcshőfeszültséggel. Megszakítások vagy jitterek tulajdonképpen csak akkor lépnek fel, ha a kristály hibás. Hibás vagy nem egé-

szen kifogástalanul működő kristályok ugyan ritkán fordulnak elő, de soha nem lehet tudni...

Csak akkor térünk rá a következő pontra, ha ez az első teszt kifogástalan eredménnyel járt.

A Compuboard köldökzsinórja

A Compuboard-dal való összeköttetés megvalósításához az erre szolgáló V24 interfészt használjuk. Bár az TTL-szintjeivel nem egészen felel meg a szabványnak, a PC-ekkel mégis kifogástalanul működik együtt. E köldökzsinór útján most már a 8052-n levő monitorprogram és a PC-n levő terminálprogram segítségével adatok és programok adhatók át a Compuboardra. A Compuboard ugyanígy tud adatokat küldeni a PC-re. Ez a lehetőség az önállóan írt programokban történő hibakeresés (debugging) során igen hasznosnak bizonyulhat. A Compuboard így a PC-vel együtt teljes fejlesztési rendszert képez. Ennek a V24-

összekapcsolásnak az első tesztelésére akkor kerülhet sor, ha a Compuboard-nak a 2. ábra szerinti behuzalozása megtörtént. A PC-n most a COM1-en előre beállított V24COM programot kell indítani (az alkalmazott interfész az ahhoz tartozó CFG fájlban adható meg). A Compuboard bekapcsolása és a T1 nyomógomb segítségével elvégzett kötelező reszettelés után a programnak rövid szöveges jelentkezéssel (EMON 51 Version ...) kell a képernyőn felhívnia magára a figyelmet.

Amennyiben egészen idáig valamennyi tesztet sikeresen végrehajtottuk, úgy a programozás indításának a továbbiakban nincs semmi akadálya.

Hardverbővítés

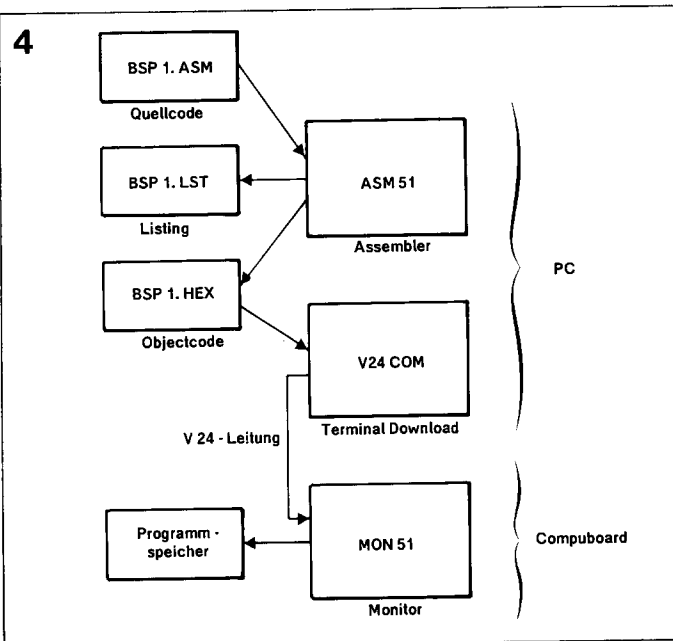
Már az első két teszt megmutatta, hogy a Compuboard különböző hardverekkel problémamentesen üzemeltethető. A tanfolyam keretén belül felhasználható teljes hardver egyetlen bővítő panelra elfér, melyet a tanfolyam folytatása során fogunk következő számaink egyikében bemutatni. Ennek alkalmazásával a lehetőségek jelentősen megnövekednek:

- Státuszjelző LED-ek
- Input nyomógombok
- A kényelmes output-ot elősegítő LC-kijelzés
- Digitális/analóg átalakító
- Analóg/digitális átalakító
- MIDI-Input/Output

Természetesen nem kell a komplett panelt beültetni akkor, ha csak a billentyűzetre van szükség. Az egyes esetekben szükséges külső kapcsolások furat-raszterrel ellátott kis NYÁK-lapon is megépíthetők.

Assembler-programozás

Az Assembler-programozás kiindulási pontját egy olyan assembler-nyelven megírt program képezi, mint amilyen a 3. ábrán látható (BSP1.A51) ASCII szövegszerkesztővel előállított szövegfájl formájában. Ebben a forrásprogram-

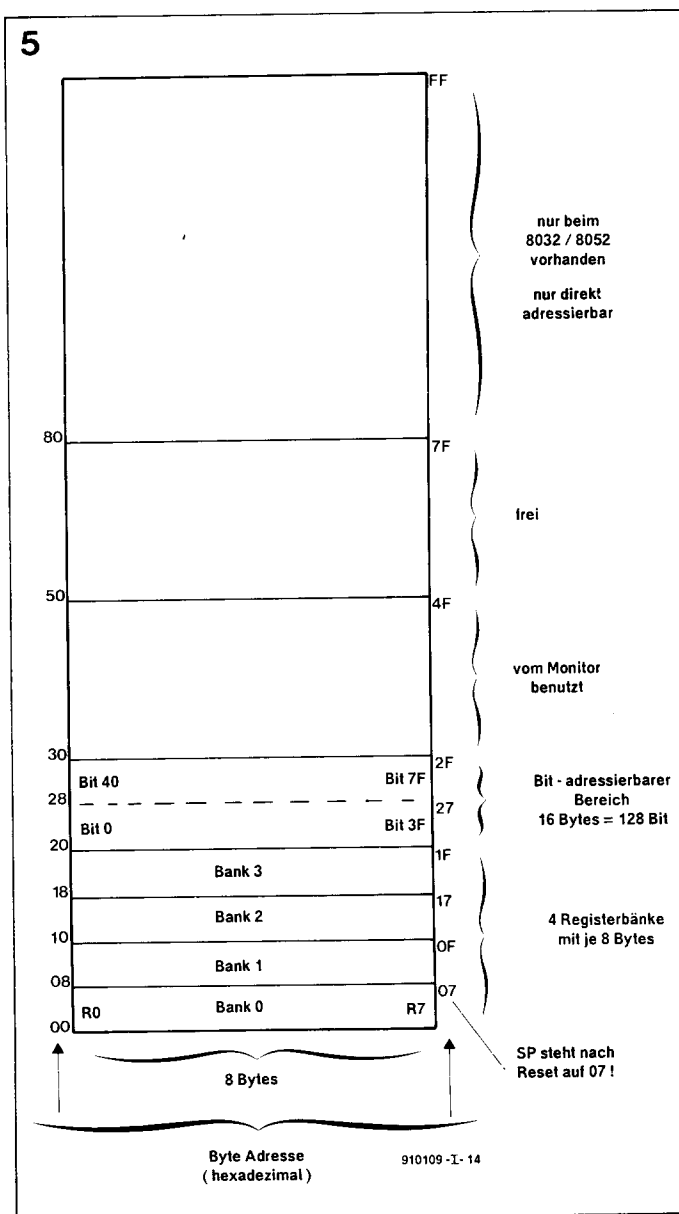


4. ábra. A programok előállításában részt vevő adatfájlok és programok

Quellcode = forráskód
 Listing = listázás
 Objectcode = tárgykód
 Programmspeicher = programtár
 Terminal Download = terminál betöltés

ban általában minden egyes sorban egy utasítás szerepel. Az utasítások kijelölésére az úgynevezett Mnemonics-kódot, a gépi utasítások rövidítéses írásmódját használják. Azok mellett a sorok mellett, melyek a Controller tényleges utasításait generálják, ott vannak még az úgynevezett pszeudo- vagy assembler-utasítások is, melyek az assembler működését vezérlik.

Az assembler-programot ezeken kívül kommentársorokkal is kiegészítik (minél több van belőlük, annál jobb), melyek a programokat lényegesen áttekinthetőbbé teszik. A megengedett utasításokról további részletek a diszketten, az EASM51.DOC fájlban található. A tulajdonképpeni assembler (EASM51.EXE) feladata egy olyan, új fájl generálása, ezekből a szimbólikusan kódolt, forrásprogramú utasításokból, melyben a Mnemonics-kódok tényleges utasításokkal kerülnek kiváltásra és melyből már természetesen valamennyi kommentár el van távolítva. Az így kapott kódsorozatot object-kódnak (tárgykód) nevezik (példa a BSP1.HEX fájlban található), mely az ember számára már alig interpretálható, a Controller számára azonban, mint program,



5. ábra. A belső adattároló felosztása

nur beim 8032/8052 vorhanden = csak 8032/8052 esetén
 nur direkt adressierbar = csak közvetlenül címezhető
 frei = szabad
 vom Monitor benützt = a monitor használja
 Bit-adressierbarer Bereich = bitcímezhető tartomány
 4 Registerbänke mit je 8 Bytes = 4 regiszterbank 8-8 bájtal
 SP steht nach Reset auf 07! = Reszettelés után az SP 07-en áll!
 Byte Adresse (hexadezimal) = bájt-címek (hexadecimálisan)
 Egy modellező amatőr mindent tudó kamionja: a Compuboard vezérli a világítást, irányjelzőket, a hátsó tengely leeresztését rakodáskor, pótkocsi-csatlakoztatást, háromfokozatú mechanikus hajtóművet stb.

végrehajtható, ha benne van a programmemóriában. Az object-kód-fájlnak a PC-től a Compuboard programmemóriájába való továbbítása megint a V/24-terminálprogram feladata.

Assemblerünk az object-kódon kívül egy programlista-fájlt is generál, erre példa a BSP1.LST fájlban található. Itt minden egyes eredeti forráskódsor mellett megtalálható az az object-kód, melyet az assembler az adott sorból állított elő. A teljes folyamatot a 4. ábrán mutatjuk be vázlatosan. A lista-fájllal ugyan a processzor semmit sem tud kezdeni, de a programozó számára rendkívül hasznos az assembler működési módjának a legutolsó bitig való megismerése szempontjából.

Aki mindezt azonnal ki akarja próbálni, a pontos útmutatót a BSP1.OC fájlban találja meg.

Belépő a programozásba

Az első hardver- és szoftvertesztek után térjünk most át az elmélet első részére. A kontroller hardverének teljes leírása – a teljes utasításkészletet is beleértve – a tanfolyam keretein túlmenően; ezen a téren szükség esetén a megadott irodalomhoz lehet visszanyúlni.

Ezért másik utat választottunk. A 8051 hardver és szoftver aspektusait lépésről lépésre fogjuk megbeszélni, így az idő múlásával egyre tökéletesebb képet kapunk majd. A megbeszélt témával kapcsolatban mindig egyúttal programpéldákat is be fogunk mutatni.

Először rátérünk azokra a különböző regiszterekre és tárolókra, amelyeket a 8051 belsőleg és külsőleg meg tud címezni.

Processzorregiszter

A 8051 normál esetben mindig 1 Byte nagyságú adatokat dolgoz fel. Erre a célra egy sor olyan belső regiszterrel rendelkezik, melyek egy-egy Byte tárolására alkalmasak. Két operandus logikai vagy arit-

metikai összekapcsolására szolgáló központi regiszter szerepét itt az A akkumulátor tölti be. Ha például egy Byte-hoz a 10-es számot kívánjuk hozzáadni, akkor ezt a számot először az akkumulátorba kell bevinni, majd ott egy további utasítással a 10 konstans hozzáadására kerül sor és az eredmény ismét az akkumulátorban helyezkedik el.

Az akkumulátor mellett még egy sor további, 8 bites regiszter is található, melyek például az interfészek és a belső órák ütemezésére és vezérlésére szolgálnak. A szokásos mikroprocesszorokban ezekre a regiszterekre sok esetben speciális utasításokkal hivatkozhatunk. A 8052 konstruktorai erre egy elegáns utat választottak. Az összes regiszter kevés utasítással való elérhetősége céljából a regiszterek minden esetben egy $O7F_{16}$ címet kapnak (így például az akkumulátor belső címe OEO_{16}), amelyre hivatkozva azok, mint speciális funkciójú regiszterek (SFR) érhetőek el. Az MCS51-család különböző kontroller változatai teljesen eltérő számú SFR-rel rendelkeznek, de utasításkészletük ugyanaz. Ha az úgynevezett közvetlen címzés során (ami a 128 Byte-os belső RAM-re vonatkozik) egy SFR címet adunk meg, akkor operandusként a megfelelő SFR tartalma kerül felhasználására.

A 8051 portjaira is SFR-ként kell hivatkozni, éppen úgy, mint a beépített soros interfész esetében. A 8051 valamennyi SFR-ét tartalmazó rövid táblázatot a következő folytatásban közöljük. Az SFR-ek mellett még nyolc, általánosan használható regiszter áll rendelkezésre, melyek jelölése R0-tól R7-ig terjed. Ezek együtt egy regiszterbankot képeznek és adatok közbenső tárolására szolgálnak. Regiszterbankból négy is van, ami például az interrupt-feldolgozásnál sokat segít. Tanfolyamunk során azonban csak a 0 regiszterbankot fogjuk használni. A regiszterbankok a belső adattárolóban vannak elhelyezve.

A kontroller után mindig a 0 regiszterbank kerül kiválasztásra.

Program-, adat- és belső tárolók

A 8051-es sorozatba tartozó kontrollerek a programok és az adatok tárolására szolgáló különböző memóriák felett rendelkeznek.

A programmemória maximálisan 64 kB befogadására alkalmas. A kontroller ebből veszi az utasításokat, de ugyanez a memória fix táblázatok és konstansok tárolására is alkalmas. Tanfolyamunk során a kontrollert csak külső programmemóriával fogjuk használni. Ez okból a kontroller EA-ja (External Access, 31-es kivezetés) alacsony szinten van. Így a belső programmemória – amennyiben ilyen egyáltalán van – lekapcsolódik. Fizikailag a programmemóriához való fordulást ebben az esetben kifelé a $PSEN$ = alacsony (29-es kivezetés) jelzi. Külső programmemóriaként nem csak EPROM használható. A címtartomány egyes szegmensei akár RAM-mal, akár külső I/O-bővítésekkel foglalhatók el. A programmemória 0000_{16} -tól 04000_{16} -ig terjedő címei a Compuboardnál az IC7 EPROM 0000_{16} -tól 04000_{16} -ig terjedő alsó címeihez való hozzáférést eredményezik. A Programmemória 04000_{16} -tól 08000_{16} -ig terjedő címei ezzel szemben az IC6 RAM 04000_{16} és 08000_{16} közötti címeihez való hozzáférést jelentik. Az ezekkel a címekkel ellátott utasítások tehát a RAM-ból kerülnek átvételre. Csak ezáltal válik lehetővé új programok betöltése a Compuboardba, mivel az EPROM tartalmán természetesen semmit sem lehet változtatni, ha az egyszer már beégetve ül a panelon.

A 64 kB-os programmemórián kívül a kontroller további 64 kB külső adatmemóriát képes írva és olvasva címezni. Az adatmemória nagyobb adatmennyiségek tárolására szolgál. Az IC6 RAM-nak adat- és programmemóriaként való, közös használata a Compuboard

esetben lehetővé teszi, hogy abban programokat is tároljunk. A 00000_{16} -tól 08000_{16} -ig terjedő adatmemória-címmel történő hozzáférés az IC6 RAM-be nyúl be. Ha tehát a 04000_{16} stb. címeken az adatmemória programot tárol, a 04000_{16} címtől kezdve elhelyezkedő adatok programként is futtathatók, mivel az ezekkel a címekkel ellátott programtároló-hozzáférések ugyancsak a RAM-ot címzik meg.

Számos mikrokontroller-alkalmazáshoz csak igen kevés adatmemória szükséges. Ilyen esetekben célszerű a külső adatmemória csatlakoztatásától eltekinteni és a kontroller belső RAM-ját használni. Ez a belső tároló a 8031 és 8051 kontrollereknél 128 Byte-os, a 8032 és 8052 kontrollereknél pedig 256 Byte-os. A tanfolyam keretében maximálisan 128 Byte-ot fogunk felhasználni, ezért céljainknak a kontroller kisebb változata is megfelel.

A belső adatmemóriát a kontroller-regiszterek tárolására is felhasználjuk. Abban helyezkedik el az alprogramkezelés stack-je (verem) is, úgyhogy a belső RAM-nak nem mind a 128 Byte-ja áll a felhasználó szabad rendelkezésére. A 20_{16} -tól $2F_{16}$ -ig terjedő címtartomány az úgynevezett bitcímezhető tartomány. Bitmanipulációs utasítások segítségével itt minden egyes bit egyszerűen címezhető és változtatható vagy kérdezhető is. A Monitor-EPROM is elfoglal benne egy pár Byte-ot. Pontos felosztása az 5. ábrán látható.

Előrejelzés

A következő folytatásban az MCS-51 utasításkészletének és az SFR-eknek a rövid áttekintését végezzük el. Az első programpéldák a külső jelek feldolgozásának és a V24 interfész útján történő adatátadásnak a megvilágítását szolgálják. Ezenkívül néhány olyan fontos Monitorrutint ismertetünk, melyek alprogramokként egyes speciális alkalmazásokra jól használhatók.