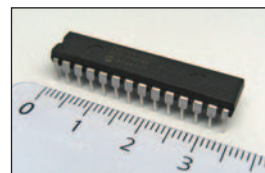


A mi PIC-i világunk

Kőnig Imre villamosmérnök, im_re@freemail.hu



Új sorozatunkban némi elméletieskedést követően a PIC12F és 16F sorozat tagjaira készült alkalmazásokat mutatunk be, a legegyszerűbb 8 lábúaktól a kissé bonyolultabbakig. A mikrovezérlőket úgy választottuk ki, hogy azonos lábszám mellett is különböző bonyolultságú típusok szerepeljenek. A választék olyan bő, hogy nem vállalkozhatunk az összes típus részletes ismertetésére, így az egyedül jellemzők tekintetében a termékek adatlapjaira utalunk.

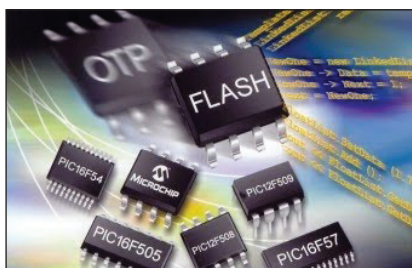
Az angolul nem tudó olvasók számára is használható irodalom ([1], [2]) áll rendelkezésre. Ez a két mű nem adatlap-mélységű, viszont az egyszerű ismertetésen felül némi áttekintést is nyújt. A mi példaprogramjaink egy része nyomtatásban is megjelenik, a többit a szerkesztőség honlapján tesszük elérhetővé.

Mentegetőzés

A szerző nagy gondban volt a sorozat összeállításánál, mert nehezen tudta eldönteni, hogy kihez is szóljon. Végül egy olyan keverék született, ami nem tankönyv, vagyis nem próbálja megtanítani a témával kapcsolatos alapismereteket, még ha némelyikükkel viszonylag részletesen foglalkozik is, de nem is csupán a kész alkalmazások ismertetése profik számára. Súlyosbítja a helyzetet, hogy az elvárható szabatoságot helyenként – a szerző rossz szokása szerint – „szabadosság” váltja fel. Ennek ellenére reméli, hogy sorozatával hasznos segítséget tud adni a témával most ismertkedőknek és a valamivel tapasztaltabbaknak is. Az utóbbiak bátran ugorják át a számukra nyilvánvalónak tűnő elméleti részeket!

Mi is az a mikrovezérlő?

A válasz rövid változata egyszerű: a mikrovezérlő egy egyetlen tokba összezsúfolt teljes számítógép, amit vezérlési feladatokra optimalizáltak. Definíciónk azonban nem sokat ér, ha a számítógép felépítését nem tesszük mögé. Az elektronikus számítógépek kialakulása az 1940-es évek közepére esik. A jelenleg is használt általános számítógép-felépítési modellt közérthető módon



Neumann János írta le (bár nem ő alkalmazta) elsőként. Ebben a modellben egy bonyolult számítások elvégzésére alkalmas elektronikus gépnek (számítógépnek) a következő egységekből kell állnia: vezérlőegység a gép vezérlésére (ami programok futtatása által valósul meg); műveletvégző egység, ami elvégzi a vezérlőegység által kijelölt műveleteket a vezérlőegység által kijelölt operandusokon; memória a programok és adatok tárolására; valamint, hogy az egésznek az ember számára is értelme legyen, be- és kiviteli egységek (melyek bizonyos értelemben szintén memóriának tekinthetők). A Neumann által leírt általános modell előremutató tulajdonsága az volt, hogy az adatok és utasítások számára fenntartott memória azonos lehet, aminek következtében a gép képes lehet saját programjának módosítására, így akár tanulásra is.

Neumann munkásságával gyakorlatilag párhuzamosan alakította ki Aiken professzor és csapata a Harvard architektúrát. Ez szigorúan elkülönített program-, ill. adatmemóriát tartalmaz, annyira, hogy az adatok és az utasítások is külön utakon mozognak. Igaz, hogy így egy halom trükk lehetőségétől esünk, viszont megszűnik a program tévedésből történő megváltoztatásának lehetősége, a biztonság szint-

je magasabb lesz. Nem csoda tehát, hogy a vezérlési alkalmazásra készült, általában fix programot futtató mikrovezérlők jellemzően a Harvard architektúrát követik, bár az újabb flash változatokban az elkülönítés szigorúsága puhult. A 16F1xxx sorozatnál pl. már a teljes programmemória írható programból, így lehetségessé vált betöltő programok használata is, bár ez az írás jóval körülményesebb, mintha a RAM-ot íránk. Ezen az alapon a 12F1xxx sorozat néhány tagjából kihagyták az adat EEPROM-ot. A memóriával kapcsolatban megemlítjük, hogy a vezérlőegység és a műveletvégző egység maga is tartalmaz (hat) memória jellegű elemeket (pl. utasításszámláló, címregiszter(ek)e)t, munkaregiszter(ek)e)t, melyek nem feltétlenül részei a címzéssel elérhető adatmemóriának. (A későbbiekben a vezérlőegységet, a műveletvégző egységet, az ezeket kiszolgáló speciális regiszterekkel együtt, időnként egyszerűen magnak fogjuk nevezni.)

Mikrovezérlőink tehát családjukon belül a be- és kiviteli perifériák választékában, a vezérlőegység kialakításában (utasításhossz, utasításkészlet), ezzel összhangban a műveletvégző egység képességeiben és a kétféle (a legtöbb típusban fellelhető adat EEPROM-mal együtt háromféle) memória méretében térnek el egymástól. Az egyik legegyszerűbb PIC mikrovezérlő (12F508) felépítése [1]-ben, a 20. oldalon található. Ez a főiskolai jegyzet a többi kis lábszámú típusról is áttekintést nyújt, bár a Microchip által furcsa módon szintén ide sorolt 20 lábúakat nem említi. Megfigyelhető a két elkülönített memória az elkülönített útvo-

nalakkal. Szemügyre vehetjük a vezérlő és a műveletvégző egységhez tartozó regisztereket is. Ezek közül kiemeljük a programszámlálót (utasításszámlálót) és a műveletvégző (aritmetikai-logikai) egység (ALU) W munkaregiszterét. Egy 12 bites kontroller egyszerűsített tömbvázlatát láthatjuk az **1. ábrán**.

Miért pont PIC16F, ill. 12F?

Erre a kérdésre ma már nehéz egyértelmű pozitív kicsengésű választ adni. A más típusokkal szembeni előnyök jórészt eltűntek, így az maradt a válasz, hogy azért PIC, mert a szerző az utóbbi n évben (ahol n kétjegyű szám) ezzel foglalkozott a legtöbbit, azért 16 (esetenként 12), mert egyszerű, és azért F, mert olcsó eszközzel könnyen újraprogramozható, akár az alkalmazás áramkörében is. Mellette szól még az irdatlan mennyiségű eladott példány.

Processzormagok, utasításkészletek, utasításszerkezet

Vezérlő+műveletvégző egység szempontjából három változat fedile a sorozatot: a 12 bites, a 14 bites és a bővített (az angol eredeti szóhasználat szerint enhanced, ami inkább emelésre mint szélesítésre utal) 14 bites mag. A bitszám itt az utasításszó hosszát jelzi, és az adott bitszám mellett megvalósítható (ill. ténylegesen megvalósított) utasításválasztékon keresztül meghatározza a mikrovezérlő képességeit. Az utasításszó az utasításkódon kívül egy vagy több paramétert is tartalmaz, így az utasítások száma a bitszámból sejthetőhöz képest igen szerény: a 12 bites magnál 33, a 14 bitesnél 35 (a két elvileg megszűnt utasítással együtt 37), a bővített 14 bitesnél 45. A 14 bites mag kettővel több utasítása valójában négy új utasítást jelent, mivel az OPTION és a TRIS utasítás (elvileg) megszűnt. A 12 bites magnál nincs megszakítás, így a 14 bites mag egyik új utasítása a „visszatérés a megszakításból”, egy másik a W regiszter módosítása nélkül képes visszatérni egy szubrutinból, a maradék kettő a műveletvégző egység lehetőségeit bővíti (ADDLW és

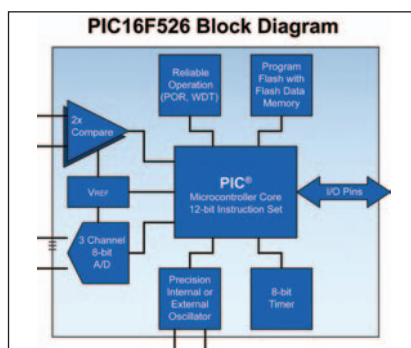
SUBLW). A bővített 14 bites mag számos értelmes újdonságával sok szempontból kilóg a 16F családból. Utasításkészlete kifejezetten jól használható (a Microchip állítása szerint C nyelvhez optimalizált) utasításokkal bővült.

A fentiek szerint a PIC12F és 16F sorozat legegyszerűbb tagjainak utasításhossza (minden utasítás egyformán) 12 bit, de a fejlettebbeké sem több 14 bitnél. Ennek az utasításkészlet kialakításánál döntő szerepe van. Kezdjük az aritmetikai-logikai utasításokkal! Egy ilyen utasításnak többnyire két operandusa van, és az eredményt is el kell helyezni valahol, így azt várhatnánk, hogy egy utasításnak három címet kell tartalmaznia. Egy 12 bites utasításnál ez elég reménytelen, tehát egyszerűsítjük a lehetőségeket: az egyik operandus kötelezően a W regiszter, a másikat címezzük (címet, vagy annak egy részét az utasítás tartalmazza), az eredmény tárolására pedig két lehetőséget kínálunk: a W regisztert vagy a 2. operandus helyét. 1 operandusos műveleteknél nem lenne szerencsés, ha csak a W regiszteren lennének elvégezhetőek, és a művelet előtt és után is adatmozgató utasítást kellene használni, így az ilyen műveletek operandusa a megcímezett regiszter, de ha már van egy ilyen lehetőség a másik csoportból, az eredmény akár a W regiszterben, akár a címezett operandus helyén képződhet. Az utasításkód a két csoportban egységesen 6 bit, az eredmény helyének kijelölése 1 bit, így 5 marad a második operandus címének. Ebből adódik a RAM lap 32 bájtos mérete.

Ezen a lapon néhány (7) SFR is elhelyezkedik, így a felhasználó (általában legfeljebb) 25-öt használhat

belőle. A 12F508-ban nincs lapozás, így a felhasználói programnak pontosan ennyi áll rendelkezésére. (14 bites magnál ebben az utasításcsoportban a címrész 7 bit, a lapméret 128 bájt, viszont a több periféria és a megszakítások miatt 32-re nőtt az egy RAM lapon elhelyezett SFR-ek száma.) A lapméretnél nagyobb RAM-ot tartalmazó típusoknál a RAM-ot szükség esetén lapozni kell. Ez az állapotregiszter erre fenntartott bitjeinek állításával történik, amit vagy közvetlen utasítással vagy az MPASM Banksel direktívájával végezhetünk el. Az utóbbi befordítja a tárgyködbe a direktíva paramétereként megnevezett változó teljes címéhez tartozó bitállító utasításokat. Az aritmetikai-logikai utasítások egy részének egyik operandusa egy nyolcbites konstans. Ezeknél az utasításkódra csak négy bit marad, így a másik operandus, és egyben az eredmény helye a W regiszter. Bitműveleteknél az utasításkód 4 bit, a bitkijelölés 3 bit, a cím 5 bit. A bitműveletek közül kettő egyszerű bitállítás ill. törlés, a másik kettő viszont vezérlő funkcióval rendelkező elágazó utasítás: ezek megvizsgálják a kijelölt bitet, és az egyik annak 0, a másik annak 1 értéke esetén kihagyja a következő utasítást. Ha ez egy ugró utasítás, a programunkat feltételesen elágaztattuk.

Következzenek tehát a vezérlő (ugró) utasítások! Ezekből három van: a GOTO, a CALL és a RETLW. A GOTO az operandusában megjelölt címre ugrik. Ugyanazt teszi a CALL is, de az utána következő címet elhelyezi egy erre a célra fenntartott speciális (verem) memóriában. A GOTO operandusa 9 bit, ami a PIC12F509 címezéséhez már nem elegendő, így a programmemória felső területe csak lapozással érhető el, az állapotzó erre szolgáló bitjén keresztül. A CALL operandusa viszont csak nyolc bit, a kilencedik kötelezően nulla értékű, így a célcím mindig csak egy 512 utasításból álló lap alsó 256 utasításának valamelyike lehet. A CALL-nak ez a kellemetlen megoldása csak a 12 bites magra jellemző. A RETLW a veremben utoljára elhelyezett címre tér vissza, ezt a címet eltávolítja a veremből, és 8 bites operandusát a W re-



1. ábra