Assembly programozás

levelező tagozat

Varga László

Képfeldolgozás és Számítógépes Grafika Tanszék
Szegedi Tudományegyetem

(Tanács Attila nappali előadás fóliái alapján)

Elérhetőségek, anyagok

- **Személyesen**
  - Előadás időpontjában
  - Fogadóórán (Árpád tér 2, tetőtér 218)
    - Szerda 15-16
    - Péntek 9-10
- **Elektronikus formában**
  - `vargalg@inf.u-szeged.hu`
- **Kurzus anyagok**
  - `http://www.inf.u-szeged.hu/~vargalg`
  - `CooSpace`

Követelményrendszer

- **Gyakorlat (kivonat)**
  - „Táblás” gyakorlatok + számítógép használat
    - Füzet, toll szükséges!
  - 1 alkalommal „nagy ZH”, 40 pont
    - Az ideje később kerül meghatározásra.
  - A ZH 1 alkalommal javítható/pótolható
    - A vizsgaidőszak első hetében közösen
  - Otthoni (beadandó) feladat, 10-15 pont
    - Félév végén meg kell védeni

Gyakorlati teljesítés

- **Beadandó feladat**
  - Beadható feladat (otthoni munka)
  - Opcionális, de utólagos reklamációt nem fogadunk el.
  - A választható feladatok várhatóan 2018. március 9-ig kerülnek fel a CooSpace-re.
  - 1 feladatra csoportonként maximum 2 hallgató jelentkezhet, a jelentkezést a CooSpace kezeli.
  - Feladatra jelentkezni 2018. április 29-ig lehet.
  - Megoldások beküldhetők 2018. május 13-ig.

Gyakorlati teljesítés

- **Beadandó feladat**
  - Tetszőleges segédeszköz használható, de érteni kell a program működésének minden részét!
  - A megoldásokat meg kell védeni a szorgalmi időszak utolsó hetében.
  - **0-15 pont** szerezhető így.

Követelményrendszer

- **Gyakorlat (folytatás)**
  - A félév végén gyakorlati jegy az összpontszám alapján
  - Kerekítés nincs!

Összpontszám	Érdemjegy
Ha az elért pontszámok összege < 25	elégtelen (1)
Ha az elért pontszámok összege < 31, de >=25	elégséges (2)
Ha az elért pontszámok összege < 37, de >=31	közepes (3)
Ha az elért pontszámok összege < 43, de >=37	jó (4)
Ha az elért pontszámok összege >= 43	jeles (5)

Követelményrendszer

- **Kollokviumi vizsga**
  - Előfeltétele a sikeres gyakorlati teljesítés
  - 10 kérdésből álló teszt
    - 2x10 = 20 pont
    - 20 perc munkaidő
    - Rövid, tömör, lényegretörő válaszok!
  - Kiadott tételjegyzékből 2 tétel kidolgozása
    - 2x15 = 30 pont
    - Esszé
  - Összesen 50 pont szerezhető
  - Semmilyen segédeszköz nem használható!

Követelményrendszer

- **Jegy megállapítása**
  - A teszten minimálisan 6 pontot; a tételekből minimálisan 5-5 pontot el kell érni! Ha ez nem teljesül, akkor a vizsga eredménye ***elégtelen (1)***.
  - Ha teljesül, akkor összpontszám alapján:

Összpontszám	Érdemjegy
Ha az elért pontszámok összege < 25	elégtelen (1)
Ha az elért pontszámok összege < 31, de >=25	elégséges (2)
Ha az elért pontszámok összege < 37, de >=31	közepes (3)
Ha az elért pontszámok összege < 43, de >=37	jó (4)
Ha az elért pontszámok összege >= 43	jeles (5)

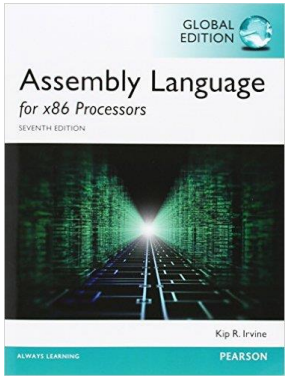
Ajánlott szakirodalom

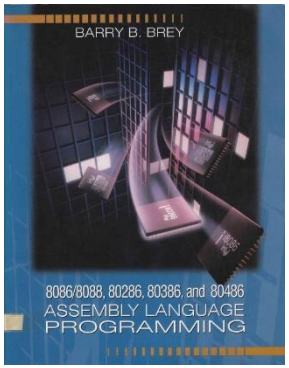
- **Előadások és gyakorlatok anyaga**

- S. Tanenbaum: **Számítógép-architektúrák**, 2. átdolgozott, bővített kiadás (Panem, 2006)
  - Csak a könyv 5. és 7. fejezete
  - Áttekintés

- Kip R. Irvine: **Assembly Language for x86 Processors**, 7th edition (Pearson, 2015)
  - Angol nyelvű, friss, alapos leírás
  - Központi könyvtárban 2 példányban elérhető

- Barry B. Brey: **8086/8088, 80286, 80386 and 80486 Assembly Language Programming** (Prentice Hall, 1993)
  - Angol nyelvű, viszonylag régi referenciakönyv

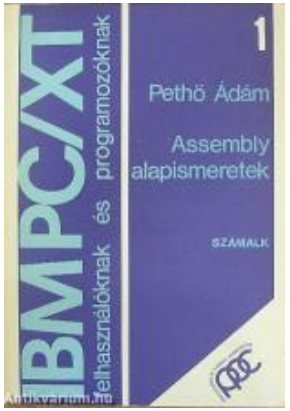




(Kevésbé) Használható szakirodalom

Magyar nyelven csak a régi, 16 bites MS-DOS operációs rendszerhez kapcsolódó Assembly programozásról találunk anyagot. Ezek csak korlátozottan használhatók a felkészüléshez!

- Pethő Ádám: **IBM PC/XT felhasználóknak és programozóknak 1. Assembly programozás** (SZÁMALK, 1992)



- Agárdi Gábor: **IBM PC gyakorlati Assembly** (LSI Oktatóközpont, 2002)

- Máté Eörs: **Assembly programozás** (NOVADAT, 1999, 2000)

Vázlatos tematika

- **Bevezetés, áttekintés**
  - Assembly alapfogalmak. Assembly nyelv előnyei, hátrányai, alkalmazási lehetőségei.
- **x86 memóriamodell, címzési módok**
  - Az x86 memória modellje és regiszterkészlete.
  - Adat- és kódterület címzése.
- **x86 utasításrendszer**
  - Aritmetikai, adatmozgató, logikai utasítások.
  - Vezérlésátadás, eljáráshívás, ciklusszervezés.
  - Sztring műveletek, REP prefixumok.
- **Assembly programozási technikák**
  - Paraméterátadási lehetőségek eljáráshíváskor: regiszterekben, vermen keresztül.
  - Rekurzív és re-entráns eljárások, eljárásra lokális adatterület.
  - Rendszerhívások.

Eszközök

- **Gyakorlatokon**
  - Toll, papír, tábla, számítógép
  - Microsoft Visual Studio 2015 (32 bites programozáshoz)

- **Otthon**
  - MASM32 telepítése
    - Régebbi MASM fordítóra épül, de kompatibilis
    - http://www.masm32.com/
  - Kip Irvine könyvéhez tartozó függvénykönyvtár telepítése
    - http://kipirvine.com/asm/examples/index.htm
    - http://kipirvine.com/asm/
  - Microsoft Visual Studio
    - Ingyenes és régebbi változatokkal is működik
  - DosBox (16 bites programozáshoz)
    - Ingyenes, multiplatform DOS emuláció
    - Macro Assembler (régi), Borland Turbo Assembler, Debugger

Bevezetés, ismétlés

Gépi, nyelvi szintek

5. Probléma orientált nyelv szintje
   fordítás (fordító program)
4. **Assembly nyelv szintje**
   fordítás (assembler)
3. Operációs rendszer szintje
   részben értelmezés (operációs rendszer)
2. **Gépi utasítás szintje**
   ha van mikroprogram, akkor értelmezés
   (Kompatibilitás!)
1. Mikroarhitektúra szintje
   hardver
0. Digitális logika szintje

Modern asztali számítógép

- **Neumann-elvű gép**
  - Központi feldolgozó egység (**CPU**)
  - **Operatív memória** az adatok és a programok futás közbeni tárolására
  - Egységek közötti **sínrendszer** a kommunikációhoz
  - **Bementi/kimeneti rendszer** a felhasználóval való kapcsolattartáshoz
  - Működést biztosító **járulékos egységek**
    - Tápellátás, …

Operatív memória

- **Felépítése**
  - Alapja a **bit**: 0 vagy 1 érték
  - Bitek rendszerint csoportosítva kerülnek feldolgozásra
    - Cella: legkisebb címezhető egység
    - **8 bit = 1 bájt** (Oka: ASCII 7 bites karakterkód + 1 paritás)
    - Lehetnek más, pl. 4, 16 vagy más csoportosítások is!
  - A memória bájtok sorozata
  - Bájtok elérése a ***címükkel***

Operatív memória

- **Bájtok értékeinek értelmezése**
  - Lehet **adat és program** is!
    - Adat: ASCII, UTF, BCD, kettes komplemens, lebegőpontos, …
    - Gépi kód: a számok utasításokat jelentenek
      - A CPU csak ezeket az utasításokat tudja végrehajtani!
      - Magasabb szintű programozási nyelvekről gépi kódra kell fordítani.
  - Akár **önmódosító program** is készíthető
    - Veszélyes!
      - Hibás működés, ha adatrészre kerül a vezérlés!
    - A mai modern operációs rendszerek védik a kódterületet
      - Ez elősegíti a virtuális memória hatékonyabb kezelését is

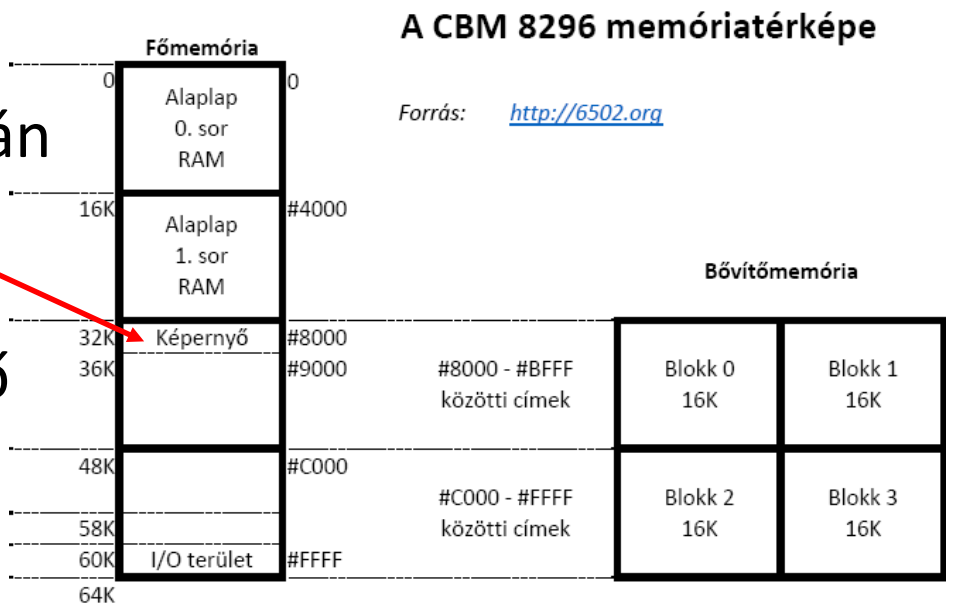
Memóriatérkép

- **Memória felosztása**
  - Nagy része szabadon használható terület
  - Bizonyos címterületek a hardverrel való kapcsolattartásra vannak fenntartva
    - Pl. kijelző, merevlemez, külső meghajtók
  - Bizonyos címek meghatározhatják az egyes címterületek tartalmát
    - Pl. RAM (írható/olvasható) vagy ROM (olvasható) legyen ott elérhető
    - Átlapolási lehetőség a címtartományban

- **Mérete (PC-ken)**
  - Korábban: pár kilobájt, megabájt
    - Pl. A Commodore 64 gép 64 kilobájtot ért el, ez megfelel egy 256x256 méretű szürkeárnyalatos kép mátrixának!
  - Manapság: több gigabájt

Központi memória

- **Példa CBM 8296 esetén**
  - 64 kilobájt címezhető
  - Szöveges képernyő tartalma írható memórián keresztül
  - A felső 32 KB memóriacímen vagy a fő memória, vagy a bővítő memóriamodulok tartalma jelenik meg
    - Kapcsolóval állítható
    - Kapcsoló = dedikált memóriacím tartalma



Központi feldolgozó egység (CPU)

- **Feladata**
  - A programszámláló által mutatott memóriacímen lévő utasítást végrehajtja
  - A mutató továbblép a következő utasításra, vagy ugró utasítás esetén a megadott címre

- **Regiszterek**
  - **Nagyon gyors elérésű tárolóegységek**
  - Általában 1 gépi szó hosszúságúak (8, 16, 32 vagy 64-bit)
  - Áramköri vagy RAM megvalósítás
  - Általános vagy dedikált regiszter
    - Aritmetikai műveletre, memória címzésére
    - Címregiszter, állapotregiszterek, …
  - Minél több van, annál jobb
    - A memória elérése sokkal lassabb!

Számítógép (PC) működési vázlata

- Bekapcsolás
- Programszámláló a BIOS EPROM-ban található gépi kódú rendszerbetöltő programjának az elejére (rögzített cím)
- A bájt értékek által definiált utasítások végrehajtása
  - Rendszerteszt
  - Rendszerbetöltő megkeresi a rendszerindító egységet (pl. merevlemez) és annak betöltő programjára „ugrik” (rögzített helyen van)
  - Az betölti az operációs rendszert
  - Az operációs rendszer
    - Tartja a kapcsolatot felhasználóval,
    - Ütemezi a processzusokat,
    - Kezeli az erőforrásokat
    - …

Fogalmak

- **Gépi kód**
  - Numerikus gépi nyelv
  - Az utasítások és az operandusok számok
  - 1 utasítás 1 vagy több bájton kódolódik
  - Elemi műveletek végrehajtására
- **Assembly nyelv**
  - A numerikus gépi nyelv szimbolikus formája
  - **Mnemonik**
    - emlékeztető kód a numerikus utasítások helyett
  - Szimbolikus nevek és címek
  - Makrók
  - Feltételes fordítás
  - ...

Kód forrása: Thinking Soul

```
**************************************
* FUNCTION: INITA - Initialize ACIA
* INPUT: none
* OUTPUT: none
* CALLS: none
* DESTROYS: acc A

0013            RESETA  EQU     %00010011
0011            CTLREG  EQU     %00010001

C003 86 13      INITA   LDA A   #RESETA   RESET ACIA
C005 B7 80 04           STA A   ACIA
C008 86 11              LDA A   #CTLREG   SET 8 BITS AND 2 STOP
C00A B7 80 04           STA A   ACIA

C00D 7E C0 F1           JMP     SIGNON    GO TO START OF MONITOR
```

Cím | Gépi kód (hexa-decimális számok) | Szimbólumok + mnemonikok | Megjegyzés

Fogalmak

- **Assembler**
  - A fordító, amely assembly nyelvről gépi kódra fordít
- **Disassembler**
  - Gépi kódból mnemonik kód listázása
  - Vigyázni kell, hogy a listázás kezdőcíme valóban utasításhatáron legyen!
  - Ha szimbólumlista elérhető, akkor Assembly-szerű lista kapható

Assembly nyelv

- **Jellemzők**
  - Minden utasításnak egyetlen gépi utasítás felel meg
  - Architektúránként különböző Assembly nyelv!
    - Pl. Intel, UltraSPARC, RISC-alapú architektúrák
    - Nincs a magasszintű nyelveknél tapasztalható portabilitás!

Assembly

- **Hátrányok**
  - Nehézkes, időigényes, sok hibalehetőség
  - Hosszadalmasabb hibakeresés, karbantartás
  - Architektúrák közötti portabilitás hiánya

- **Előnyök**
  - Hatékonyság
  - A hardver teljes elérhetősége
    - Bizonyos regiszterek magasszintű nyelvekből nem használhatók
    - Hardver elemek közvetlen vezérlése
    - Játékprogramok, eszközmeghajtók, …

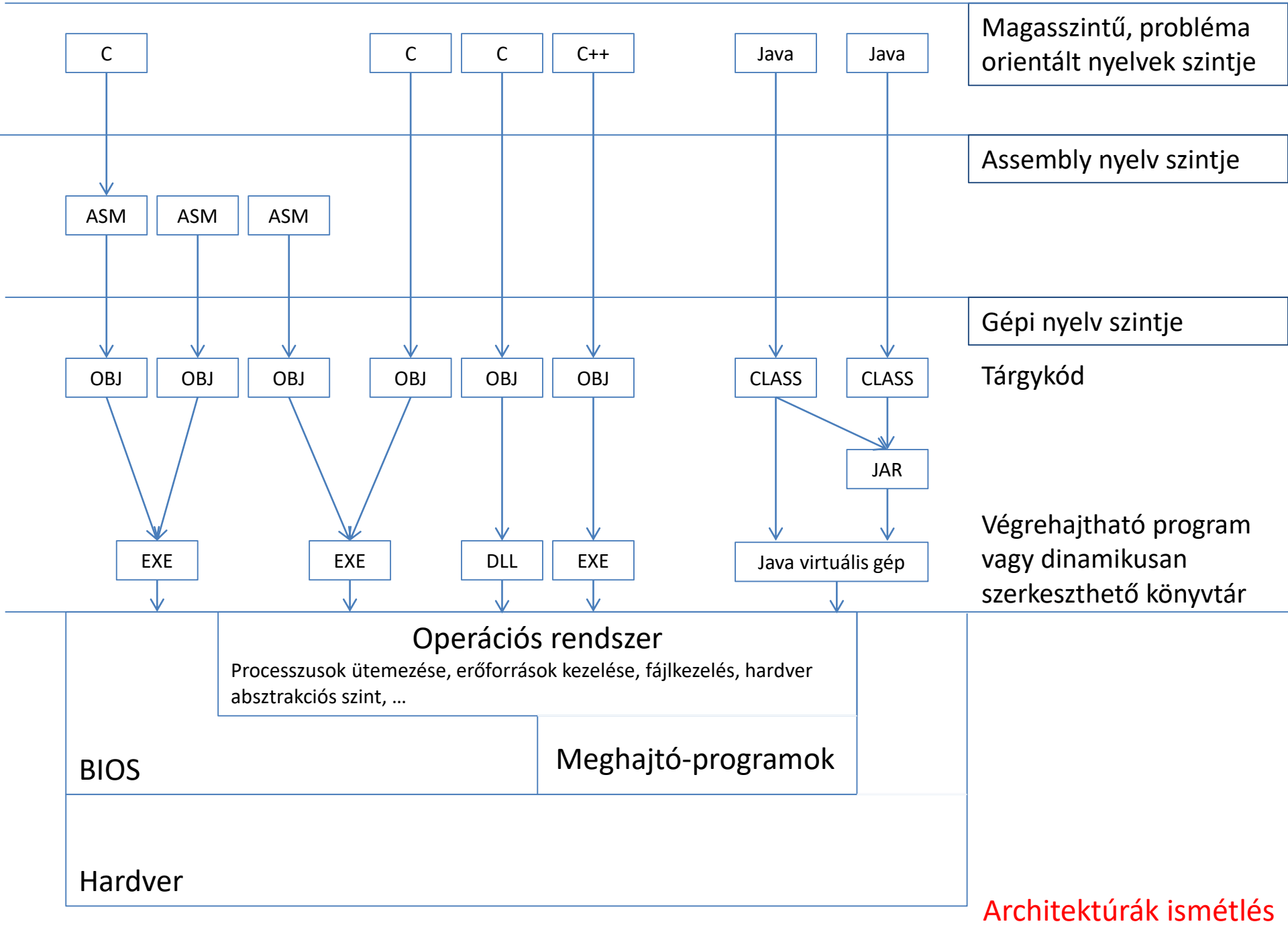
Fordítás, szerkesztés

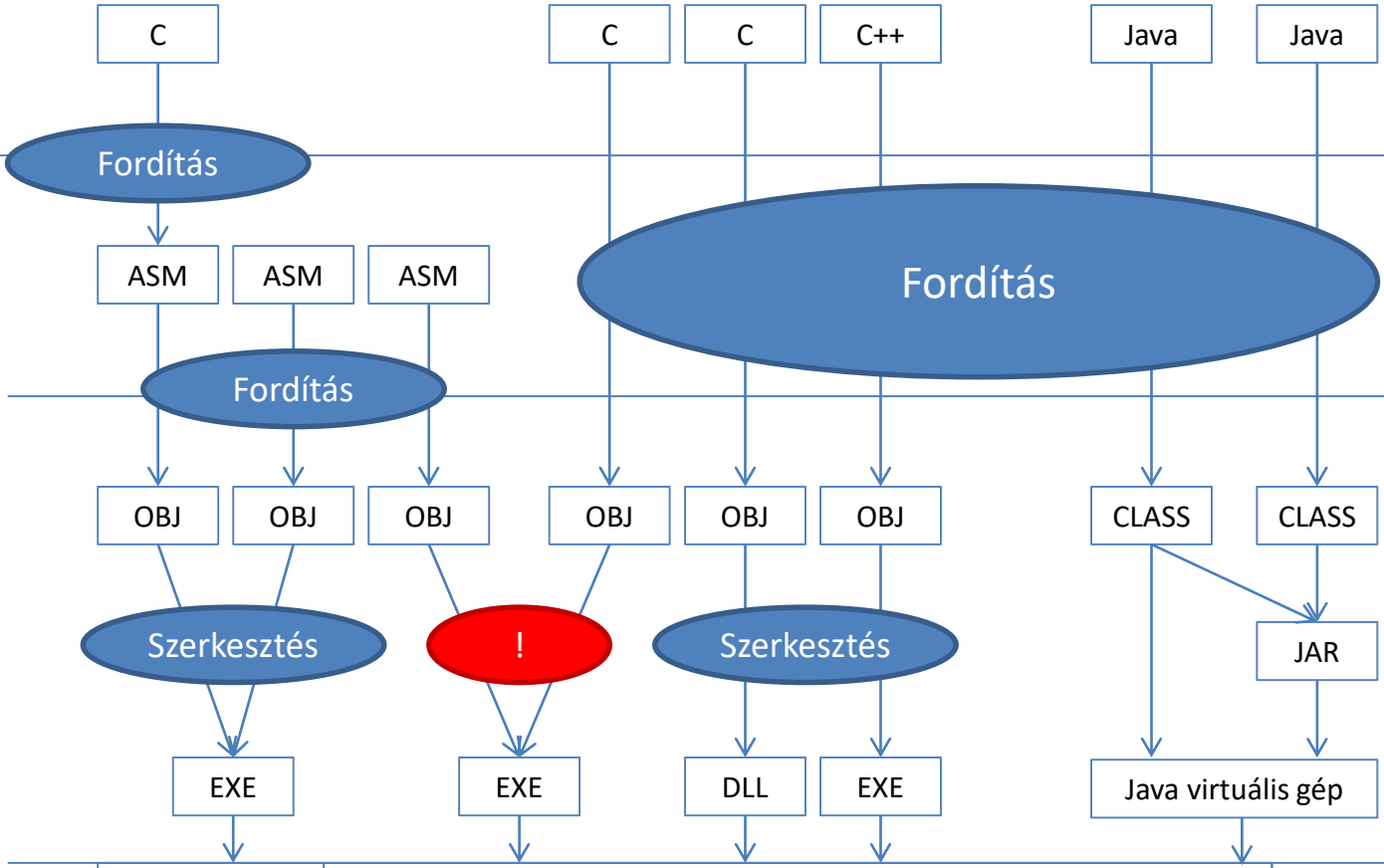
- **Fordító (Compiler)**
  - *Forrásnyelv*ből *célnyelv*re alakít, pl.:
    - C++, C -> tárgykód (.o/.obj)
    - **Assembly -> tárgykód** **Assembler**
    - Java -> class fájl
    - C -> Assembly (.asm)
    - FORTRAN -> C

- **Szerkesztő (Linker)**
  - *Tárgykódok* összeszerkesztése *futtatható állománnyá*
    - Külső hivatkozások feloldása
    - Virtuális címek feloldása
    - Címterek összefésülése (relokáció)
    - …

Fordítás, szerkesztés

- **Fájlformátumok, kiterjesztések**
  - **Tárgykód**
    - .obj: DOS, Windows
    - .o: Unix, Linux, Cygwin, …
    - Fordító-specifikus formátum!
      - Azonos kiterjesztés még nem jelenti azt, hogy összeszerkeszthetők!
  - **Végrehajtható (futtatható)**
    - .com: kis méretű DOS alkalmazások
    - .exe: DOS, Windows formátum (többféle szerkezet!)
    - .dll: dinamikusan szerkeszthető (Windows)
    - Unix-alapú rendszereknél nincs futtatható kiterjesztés, azt a fájl jogosultsága mondja meg
    - .so: dinamikusan szerkeszthető (Unix, Linux, …)
    - .a: statikusan szerkeszthető tárgykód gyűjtemény (Unix, Linux…)


Magasszintű, probléma orientált nyelvek szintje
Assembly nyelv szintje
Gépi nyelv szintje
Tárgykód
Végrehajtható program vagy dinamikusan szerkeszthető könyvtár
C
C
C
C++
Java
Java
ASM
ASM
ASM
OBJ
OBJ
OBJ
OBJ
OBJ
OBJ
CLASS
CLASS
JAR
EXE
EXE
DLL
EXE
Java virtuális gép
Operációs rendszer
Processzusok ütemezése, erőforrások kezelése, fájlkezelés, hardver absztrakciós szint, …
BIOS
Meghajtó-programok
Hardver



Különböző forrásnyelvekből származó tárgykódok akkor szerkeszthetők össze, amennyiben megegyező formátumúak, valamint egyeznek a hívási konvenciók, paraméterátadások, a memóriamodell, …

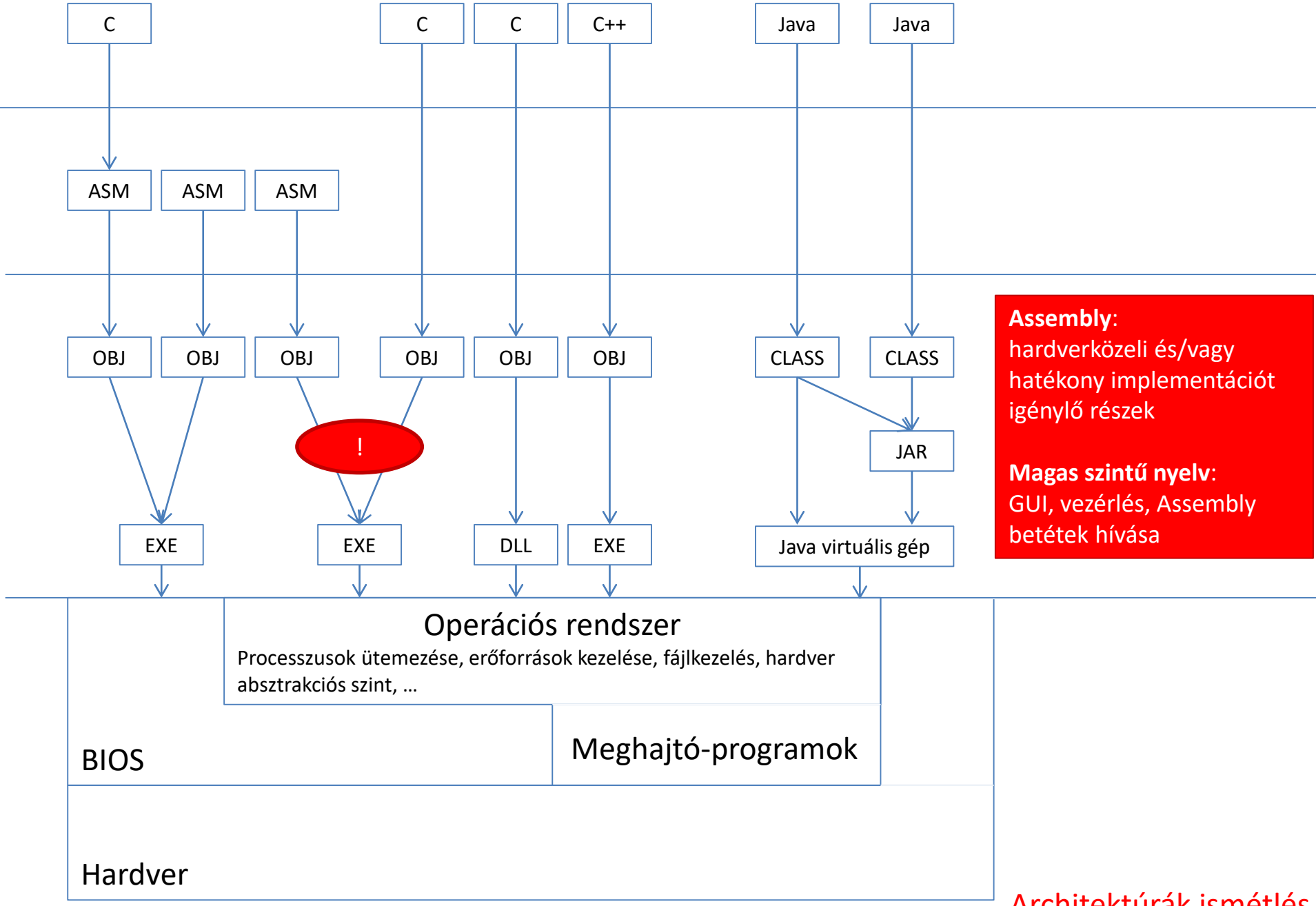
Operációs rendszer

Processzusok ütemezése, erőforrások kezelése, fájlkezelés, hardver absztrakciós szint, …

BIOS

Meghajtó-programok

Hardver



Assembly:
hardverközeli és/vagy hatékony implementációt igénylő részek

Magas szintű nyelv:
GUI, vezérlés, Assembly betétek hívása

Hardver elérése

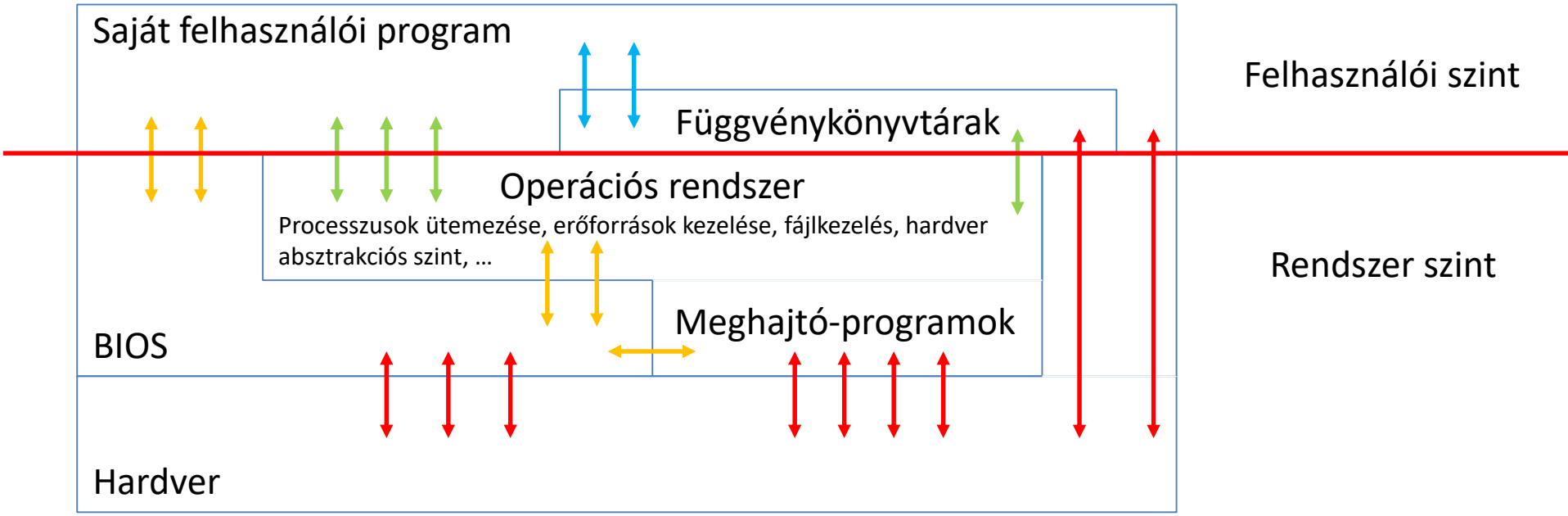
- **Közvetlenül**
  - B/K kapuk írása/olvasása
  - Közvetlenül a hardverrel kommunikálunk
  - A mai modern operációs rendszerek ezt tilt(hat)ják
  - Előnye a hatékonyság (pl. játékprogramok konzolokra)
  - Hátránya, hogy hardver eszközönként/gyártónként más kommunikáció szükséges!
- **BIOS rendszeren keresztül**
  - BIOS gyártó specifikus lehet, de egységesebb a kezelése
  - Operációs rendszertől független, de túlságosan alapszintű hozzáférés, speciális hardver opciók esetleg nem érhetők el így

Hardver elérése

- **Operációs rendszeren keresztül**
  - „HAL” *(Hardware Abstraction Layer):* Hardver absztrakciós szint bevezetése
  - Adott típusú eszközök esetén egységes programozási felület. Könnyebb sokféle hardvert támogató szoftvert készíteni.
  - Az absztrakciós szint miatt kevésbé hatékony!
  - Meghajtó-programokon (driver) keresztül
    - Rosszul megírt driver miatt összeomolhat a rendszer!
    - Harmadik féltől származó kódok esetén digitális aláírás fokozhatja a megbízhatóságot

Hardver elérése

- **Függvénykönyvtárakon keresztül**
  - Felhasználói program szinten
  - Újabb absztrakciós szint a programunk és az operációs rendszer/BIOS/hardver között



Egyszerű példa

- C forráskód

```
#include <stdio.h>
int main( int argc, char *argv[] )
{
  int a, b, sum;
  a = 5;
  b = 7;
  sum = a + b;
  printf( "Osszeg: %d\n", sum );

  return 0;
}
```

Generált Assembly kód (Intel Ubuntu Linux)

```
        .file   "sum.c"
        .section        .rodata
.LC0:
        .string "Osszeg: %d\n"
        .text
.globl main
        .type   main, @function
main:
        pushl   %ebp
        movl    %esp, %ebp
        andl    $-16, %esp
        subl    $32, %esp
        movl    $5, 28(%esp)
        movl    $7, 24(%esp)
        movl    24(%esp), %eax
        movl    28(%esp), %edx
        leal    (%edx,%eax), %eax
        movl    %eax, 20(%esp)
        movl    $.LC0, %eax
        movl    20(%esp), %edx
        movl    %edx, 4(%esp)
        movl    %eax, (%esp)
        call    printf
        movl    $0, %eax
        leave
        ret
        .size   main, .-main
        .ident  "GCC: (Ubuntu/Linaro 4.5.2-8ubuntu4) 4.5.2"
        .section        .note.GNU-stack,"",@progbits
```

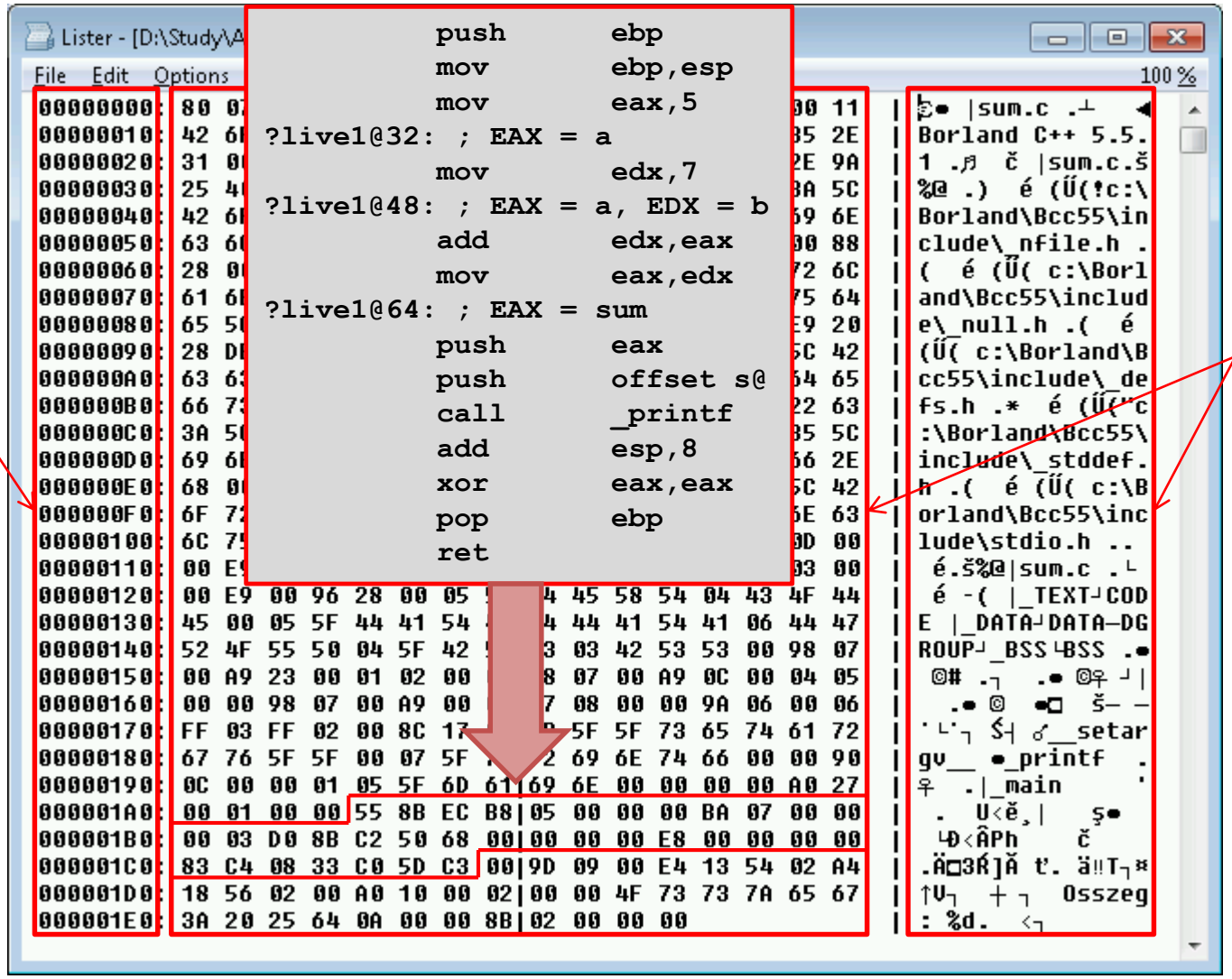
Optimalizáció nélküli, több felesleges kódrészt is tartalmazó fordítási eredmény.

(A félév végére nagyrészt érteni fogjuk a bal oszlopban szereplő kódot.)

Generált Assembly kód (SUN Sparc)

```
        .file   "sum.c"
gcc2_compiled.:
.section        ".rodata"
        .align 8
.LLC0:
        .asciz  "Osszeg: %d\n"
.section        ".text"
        .align 4
        .global main
        .type    main,#function
        .proc   04
main:
        !#PROLOGUE# 0
        save    %sp, -128, %sp
        !#PROLOGUE# 1
        st      %i0, [%fp+68]
        st      %i1, [%fp+72]
        mov     5, %o0
        st      %o0, [%fp-20]
        mov     7, %o0
        st      %o0, [%fp-24]
        ld      [%fp-20], %o0
        ld      [%fp-24], %o1
        add     %o0, %o1, %o0
        st      %o0, [%fp-28]
        sethi   %hi(.LLC0), %o1
        or      %o1, %lo(.LLC0), %o0
        ld      [%fp-28], %o1
        call    printf, 0
         nop
        mov     0, %i0
        b       .LL2
         nop
.LL2:
        ret
        restore
.LLfe1:
        .size    main,.LLfe1-main
        .ident  "GCC: (GNU) 2.95.3 20010315 (release)"
```

Tárgykód (Intel Borland C fordító)



Fájl pozíció

Fájl tartalma: kód, adat és járulékos (pl. szerkesztőnek szóló) információk.

Középen hexa számokként, jobb oszlopban karakterkódokként.

A példát nem kell megtanulni!

Adatformátumok
x86 címzési módjai

Számrendszerek

- **Fontos számrendszerek Assembly nyelv esetén**
  - **Bináris**: 2-es számrendszer
    - 0 és 1 számjegyek
  - **Decimális**: 10-es számrendszer
    - 0-9 számjegyek
  - **Hexadecimális**: 16-os számrendszer
    - 0-9 számjegyek, A-F betűk
- **Átváltás számrendszerek között, aritmetikai műveletek**
  - Gyakorlaton, illetve korábban a Számítógép architektúrák előadáson

Adatformátumok

- **Szöveg ábrázolása**
  - ASCII, Unicode
- **Számértékek ábrázolása**
  - Egész számok
    - Kettes komplemens
    - BCD (binárisan kódolt decimális)
  - Lebegőpontos számok
    - IEEE-754 szabvány szerint

Szöveg ábrázolása

- **ASCII szövegkódolás**
  - A bájtok értékei karaktereket jelentenek
  - Eredetileg az alsó 7 bit használatos
    - 0-31: vezérlő karakterek (pl. új sor, ESC, szöveg vége)
    - 32: szóköz
    - 33-47: írásjelek
    - 48-57: számjegyek
    - 58-64: írásjelek
    - 65-90: nagybetűk
    - 91-96: írásjelek
    - 97-122: kisbetűk
    - 123-126: írásjelek
    - 127: DEL

ASCII Code Chart

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2		!	"	#	$	%	&	'	(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	`	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{	|	}	~	DEL

Ábra forrása: Wikipedia

- **Kiterjesztett ASCII**
  - 128-255 közötti értékek is definiáltak (pl. nemzeti karakterek, szimbólumok)

Egész számok ábrázolása

- **Előjel nélküli bájt**
  - Bitek kettes számrendszerbeli helyiértékének megfelelően
- **Előjeles bájt**
  - **Kettes komplemens** ábrázolás:
    - Pozitív értékből negatív: minden bitet ellentettre (egyes komplemens), majd 1 érték hozzáadása
      - Decimális 8 kettes számrendszerben: `00001000`
      - Ellentett képzés: `11110111` (egyes komplemens)
      - 1 hozzáadása: `11111000` (-8 reprezentáció)

Számábrázolás

- **Egész számok**
  - **Szó *(Word)***
    - x86: 16 bites (2 bájtos) egész
  - **Dupla szó *(Double Word, DWORD)***
    - Két szó (x86: 32 bites (4 bájtos) egész)
  - **Négy szó *(Quad Word, QWORD)***
    - Négy szó (x86: 64 bites (8 bájtos) egész)

- **Valós számok**
  - Közelítő érték tárolása (tört számok)
  - Előjel bit, mantissza és exponens
  - IEEE-754 szabvány (ld. Architektúrák előadás)
    - Egyszeres pontosság: 4 bájt
    - Dupla pontosság: 8 bájt
    - FPU (*floating point unit*) belső reprezentációja: 10 bájt

x86 üzemmódjai és regiszterkészlete
Első Assembly példaprogram

Processzor családok

- **RISC, CISC,** és **vegyes** architektúrák
- **Architektúránként rendszerint különböző Assembly nyelv**
- **Néhány ismertebb család**
  - Intel x86, AMD64
  - Sun UltraSparc I-IV
  - MIPS R3000-R10000
  - Motorola 68000
  - MOS 650x (Commodore)
  - Zilog Z80

Intel x86 processzor család

From Computer Desktop Encyclopedia

x86 PROCESSORS (from Intel)

Bits	Family	Clock Speeds (approximate range)	Bus Size (bits)	Max RAM	Floppy Disk	Hard Disk Range	OS
64	Core i3, i5, i7	2.6 - 3.3GHz	64	64GB	3.5" 1.44MB	30GB-2TB	Win7 Win Vista Win XP Win 2000 Win NT Win 95/98 Win 3.x Linux SCO Unix Solaris DOS DR DOS OS/2 Misc DOS Multiuser
	Core 2 Duo	1.8 - 2.6GHz					
	Pentium 4	3 - 3.8GHz					
	Xeon	2.2 - 3.6GHz					
	Pentium D	2.8 - 3.4GHz					
32	Core Duo	1.6 - 2.2GHz					
	Pentium 4	1.4 - 2.8GHz					
	Xeon	400MHz - 3.2GHz					
	Celeron	266MHz - 2.4GHz		4GB	3.5" 1.44MB	500MB-60GB	
	Pentium III	450MHz - 1.2GHz					
	Pentium II	233 - 450MHz					
	Pentium Pro	150 - 233MHz		64GB			
	Pentium	60 - 200MHz		4GB			
	486DX	25 - 100MHz	32		5.25" 1.2MB	200 - 500MB	
	486SX	20 - 40MHz					
	386DX	16 - 40MHz				60 - 200MB	
	386SX	16 - 33MHz					
	386SL	20 - 25MHz					
16	286	6 - 12MHz	16	16MB	5.25" 1.2MB	20-80MB	DOS DR DOS Win 3.x OS/2 1.x
	8086	5 - 10MHz		1MB	5.25" 360KB	10-20MB	DOS DR DOS
	8088	5MHz	8				

A táblázatot nem kell megtanulni!

Intel x86 processzor család

A táblázatot nem kell megtanulni!

Lapka	Dátum	MHz	Tranz.	Mem.	Megjegyzés
I-4004	1971/4	0.108	2300	640	Első egylapkás mikroprocesszor
I-8008	1972/4	0.108	3500	16 KB	Első 8 bites mikroprocesszor
I-8080	1974/4	2	6000	64 KB	Első általános célú mikroprocesszor
I-8086	**1978/6**	**5-10**	**29000**	**1 MB**	**Első 16 bites mikroprocesszor**
I-8088	**1979/6**	**5-8**	**29000**	**1 MB**	**Az IBM PC processzora**
I-80286	**1982/6**	**8-12**	**134000**	**16 MB**	**Védett üzemmód**
I-80386	**1985/10**	**16-33**	**275000**	**4 GB**	**Első 32 bites mikroprocesszor, virtuális 8086 üzemmód**
I-80486	1989/4	25-100	1.2M	4 GB	8 KB beépített gyorsítótár
Pentium	1993/5	60-233	3.1M	4 GB	Két csővezeték, MMX
P. Pro	1995/3	150-200	5.5M	4 GB	Két szintű beépített gyorsítótár
P. II	1997/5	233-400	7.5M	4 GB	Pentium Pro + MMX
P. III	1999/2	650-1400	9.5M	4 GB	SSE utasítások 3D grafikához
P. 4	**2000/11**	**1300-3800**	**42M**	**4 GB**	**Hyperthreading + több SSE**
Core Duo	2006/1	1600-3200	152M	2 GB	Két mag egy lapkán
Core	2006/7	1200-3200	410M	64 GB	64 bites, négymagos architektúra
Core i7	**2011/1**	**1100-3300**	**1160M**	**24 GB**	**Integrált grafikus processzor**

Forrás: Tanenbaum

Rendszer tulajdonságok

- **Védelem nélküli rendszerek**
  - Minden utasítás végrehajtható a felhasználói programokban, és
  - „szabadon garázdálkodhat” a memóriában (akár az operációs rendszer kódját is felülírhatja).
  - Asztali számítógépeken idejétmúlt, mikrovezérlőkben OK.
  - Pl. DOS rendszer (16-bites)
- **Védett üzemmódok**
  - CPU-szintű hardveres védelem
    - Utasítás-végrehajtás, kódterület, adatterület védelem
  - Felhasználói mód
    - Bizonyos utasítások végrehajtásának tiltása
      - Pl. gyorsítótár manipulálása
  - Kernelmód
    - Operációs rendszer futtatásához használt
    - Nincs korlátozás
  - Pl. Windows, Linux, MacOS, … (32- és 64-bitesek)

x86 üzemmódok

- **Valós mód**
  - 8086/8088-ként működik
  - Max. 1 MB memória címezhető
- **Védett mód (32-bit)**
  - A CPU lehetőségeinek teljes kihasználása
    - Védelmi mechanizmusok, gyorsítótár, virtuális memória kezelés, …
  - Négy privilegizált szint (`FLAG` bitek vezérlik)
    - 0-s szint: kernel mód (operációs rendszer)
    - 1-es, 2-es szint: ritkán használt
    - 3-as szint: felhasználói programok
- **Virtuális 8086 mód**
  - Párhuzamosan több valós módú virtuális gép futhat
  - Védett módú környezet vezérli
  - Ha „lefagy” a virtuális gép, visszatérhetünk az indító környezethez

Intel Core i7 64 bites üzemmódjai

Üzemmód		Szükséges OS	Alkalmazás újrafordítás	Alapbeállítások (bit)		Regiszter kiterjesztés	Ált. célú reg. méret
				Cím	Operandus méret		
Long	64-bit	64-bites	Igen	64	32	Igen	64
	Kompatibilitási		Nem	32	32	Nem	32
				16	16		16
Legacy	Védett mód	32-bites	Nem	32	32	Nem	32
				16	16		
	Virtuális 8086			16	16		16
	Valós mód	16-bites					

Bár a 64 bites i7 processzor támogatja akár a 16 bites üzemmódot is, a Windows operációs rendszer 64 bites változata ezt nem implementálja.
Emiatt régi, 16 bites programokat már nem tudunk közvetlenül futtatni ebben a környezetben.

Kiegészítő anyag!

x86 üzemmódok

- **Assembly alapok**
  - **32-bites védett üzemmód, flat memóriamodellel kezdünk**
  - Később: 16- és 64-bites lehetőségek
- **Kompatibilitás**
  - Legújabb processzorok is képesek valós módban futni! (Mondjuk nem érdemes így használni…)
  - A 8086 alap utasításkészlete elérhető a védett és virtuális 8086 üzemmódokban is
- **Újdonságok (16 biteshez képest)**
  - Új regiszterek, nagyobb regiszterszélesség
  - Újabb utasítások (pl. MMX multimédiához)
  - Régi utasítások bővítése

x86 memória modell

- **Operatív memória felépítése**
  - Bit: Alapegység , 0 vagy 1 érték (Szürke szín = előző előadás anyagában)
  - Cella: Legkisebb címezhető egység
    - 8 bit = 1 bájt
  - Szó: 16 bit (2 bájt)
  - Paragrafus: 16 bájt, 16-tal osztható címen kezdődik
  - Lap: 256 (512, 1024, akár több) bájt
  - Bájt sorrend: kis-endián
    - A legkisebb helyértékű bájt szerepel alacsonyabb memóriacímen
  - Negatív számok kettes komplemens alakban

x86 memória modell

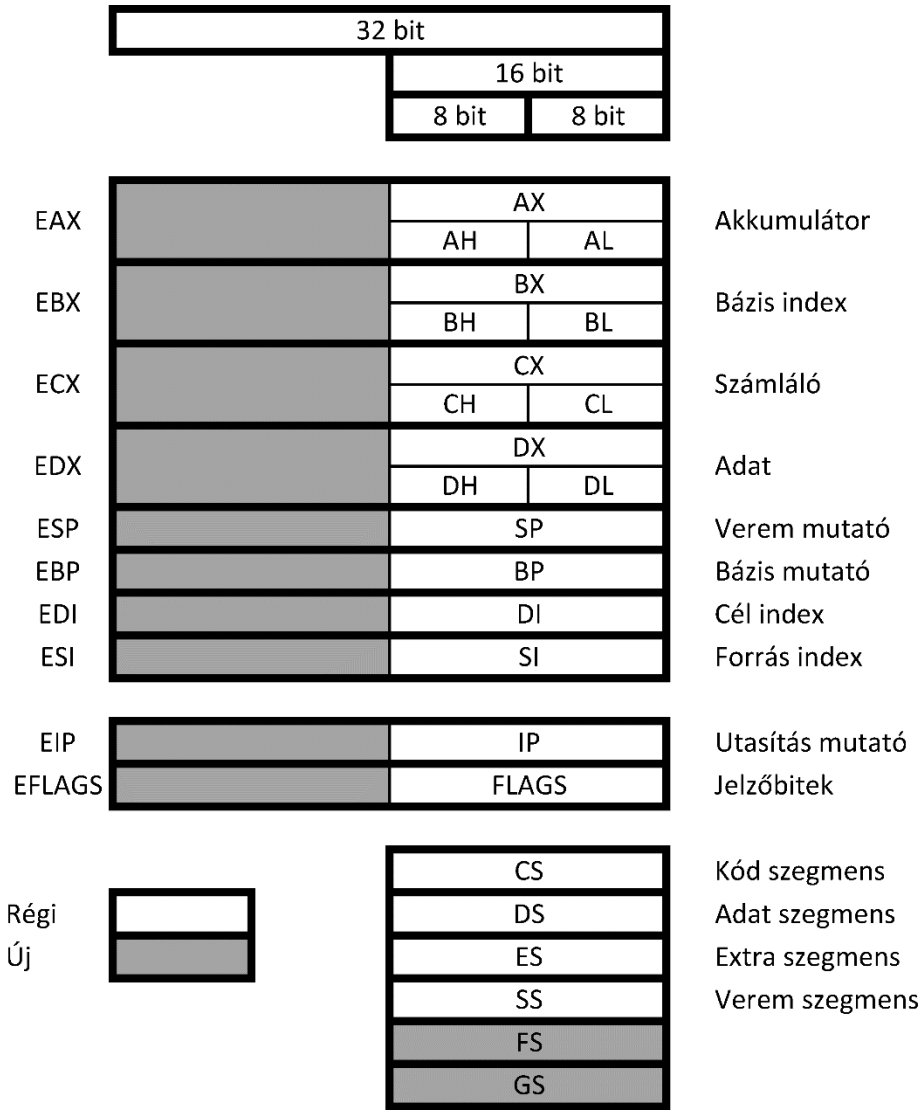
- **Szegmensek**
  - A memória részekre osztva érhető el
  - Valós módban bármi szabadon olvasható és felülírható
    - Akár az operációs rendszer kódja is…
  - Védett módban a hozzáférést jogosultságok szabályozzák
    - Adat és kód esetén is
    - Jogosulatlan hozzáférés esetén hiba!
      - Processzor detektálja, operációs rendszer kezeli
- **Szegmens típusok**
  - Adat, kód, verem
- **Legnagyobb szegmens méretek**
  - Valós mód: 64 kilobájt (16 bites címzés, 2^{16} bájt)
  - Védett mód: 4 gigabájt (32 bites címzés, 2^{32} bájt)

x86 memória modell

- **Kódszegmens(ek)**
  - A program utasításait tartalmazza
- **Adatszegmens(ek)**
  - Konstansok, változók, struktúrák, tömbök területe
- **Veremszegmens**
  - Minden processzus saját vermet kap
  - FIFO adattárolási elv
    - *First In First Out*: amit utoljára tettünk bele, az vehető ki először
  - Kulcsfontosságú a megfelelő működéshez!
    - Eljáráshíváskor visszatérési cím tárolása
    - Eljáráshíváskor paraméterátadás
    - Lokális változók létrehozási helye
    - Adatok ideiglenes mentése pl. megszakításkezeléskor

x86 regiszterkészlete (32 bites)

- **Általános célú regiszterek**
  - 32 bitesek
  - **EAX**, **EBX**, **ECX**, **EDX**, **EBP**, **ESI**, **EDI**
  - Alsó 16 bit, és annak alsó/felső bájtja külön elérhető
    - **EAX**; **AX**; **AH**; **AL**
- **Speciális célú regiszterek**
  - 32 bitesek
  - **EIP**, **EFLAGS**
- **Szegmens regiszterek**
  - 16 bitesek!
  - **CS**, **DS**, **ES**, **SS**
  - **FS** és **GS** csak védett módban!



x86 regiszterkészlete

- **Általános célú regiszterek**
  - **EAX**: Akkumulátor; alsó szava **AX**, annak alsó és felső bájtja **AL** és **AH**
    Egyedi szerep szorzásnál és osztásnál
  - **EBX**: Bázis (címzés); alsó szava **BX**, annak alsó és felső bájtja **BL** és **BH**
    Egyedi szerep memóriacímzésnél
  - **ECX**: Számláló; alsó szava **CX**, annak alsó és felső bájtja **CL** és **CH**
    Egyedi szerep bitléptető, sztring és ismétléses műveleteknél
  - **EDX**: Adat; alsó szava **DX**, annak alsó és felső bájtja **DL** és **DH**
    Egyedi szerep szorzásnál és osztásnál
  - **EBP**: Bázis mutató; alsó szava **BP**
    Egyedi szerep verem indexelt címzésére
  - **ESI**: Forrás index; alsó szava **SI**
    Egyedi szerep sztring műveleteknél és memóriacímzésnél
  - **EDI**: Cél index; alsó szava **DI**
    Egyedi szerep sztring műveleteknél és memóriacímzésnél
  - **ESP**: Veremmutató
    Verem műveletek állítják. Erős speciális jellege miatt általános célra nem célszerű használni.

x86 regiszterkészlete

- **Speciális célú regiszterek**
  - **EIP**: Utasítás számláló (csak vezérlésátadással írható felül)
  - **EFLAGS**: CPU állapotát jelző bitek összessége
    - **C** (Carry): Átvitel előjel nélküli műveleteknél
    - **P** (Parity): Az eredmény alsó 8 bitjének paritása
    - **A** (Aux Carry): Átvitel a 3. és 4. bitek között (BCD számoknál)
    - **Z** (Zero): 1 (igaz), ha az eredmény 0, különben 0 (hamis)
    - **S** (Sign): Az eredmény legmagasabb helyiértékű bitje (előjel)
    - **T** (Trap): 1: debug mód, 0: automatikus
    - **I** (Interrupt): 1: maszkolható megszakítás engedélyezve, 0: tiltva
    - **D** (Direction): Sztring műveletek iránya 1: csökkenő, 0: növekvő
    - **O** (Overflow): Előjeles túlcsordulás

    } 8086-tól

    - **IOP**, **NT**, …: Részletesen nem tárgyaljuk

    } 80286, 80386, 80486, Pentium

FLAGS/EFLAGS regiszterek

FLAGS / EFLAGS bitek kiosztása

Új jelzőbitek

- **IOP** Bement/kimenet privilégium szintek (2 bites)
- **NT** Beágyazott feladat
- **RF** folytatás debug esetén
- **VM** virtuális mód (védett üzemmódon belül)
- **AC** igazítás ellenőrzés (80486SX mat. társprocesszorának)
- **VIF** Virtuális megszakítás jelző
- **VIP** Függőben lévő virtuális megszakítás
- **ID** CPUID utasítás végrehajthatósága

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
				O	D	I	T	S	Z		A		P		C

8086/8088

15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
	NT	IOP		O	D	I	T	S	Z		A		P		C

80286

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
														VM	RF		NT	IOP		O	D	I	T	S	Z		A		P		C

80386/80486DX

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
													AC	VM	RF		NT	IOP		O	D	I	T	S	Z		A		P		C

80486SX

31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
										ID	VIP	VIF	AC	VM	RF		NT	IOP		O	D	I	T	S	Z		A		P		C

Pentium

Kiegészítő anyag!

x86 regiszterkészlete

- **Szegmens regiszterek**
  - **CS** (Code Segment): kód szegmens
  - **DS** (Data Segment): adat szegmens
  - **ES** (Extra Segment): (másodlagos) adat szegmens
  - **SS** (Stack Segment): verem szegmens
  - **FS**: extra adatszegmens (csak védett módban)
  - **GS**: extra adatszegmens (csak védett módban)

Valós mód szegmentált címképzése

- **1 megabájt címezhető memória** (2^{20} bájt)
- **20 bites címbusz**, de csak **16 bites regiszterek**
  - **1 regiszter nem elegendő** a címzéshez!
- **Használjunk kettőt**
  - SZEGMENS : OFFSZET alakban írjuk
  - Fizikai cím előállítása: a SZEGMENS értéke 16-tal (10H) szorzódik / 4 bittel balra tolódik / hexa 0 íródik utána
  - Hozzáadódik az OFFSZET értéke
- **Vagyis**
  - Egy szegmens mérete maximálisan 64 KB lehet
  - Egy fizikai címnek több szegmentált címe létezik!
  - Túlcsordulás kezelés nincs
    - FFFF:0010 az első (0.) memóriapozíciót jelenti!
- Könnyebb **relokáció**
- Az egyes szegmensek részben vagy teljesen **átfedőek lehetnek**!

```
SZEGMENS: 1234H
OFFSZET:  0012H

 12340H   * 10H
+ 0012H   + OF.
-------
 12352H
```

Kiegészítő anyag!

Memóriacímzés védett módban

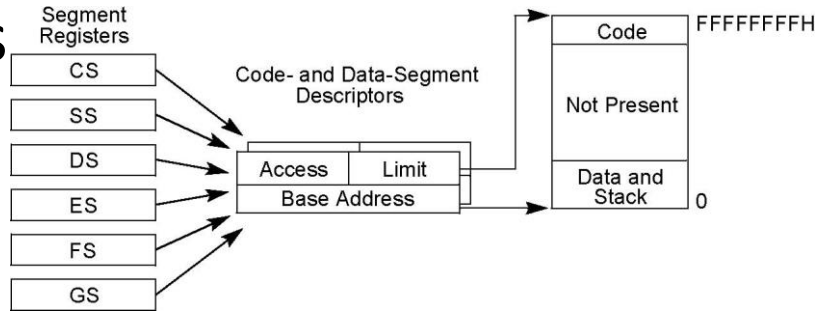
- **Változik a szegmens regiszterek szerepe!**
  - Paragrafus cím helyett ***szelektor*** érték
  - Amely egy ***deszkriptort*** (leírót) választ ki
    - Globális deszkriptor tábla (8192 darab bejegyzés)
      - Minden alkalmazás számára közös
    - Lokális deszkriptor tábla (8192 darab bejegyzés)
      - Az adott alkalmazásra nézve lokális
    - **Tartalma**
      - **Szegmens helye, mérete, elérési jogai**
      - 1 deszkriptor mérete 8 bájt → 1 tábla 64 KB helyet foglal
    - A táblák a központi memóriában helyezkednek el
- **A címzés szintaktikája változatlan (szegmens + offszet), „csak” máshogy működik a helymeghatározás!**

Később tárgyaljuk részletesebben!

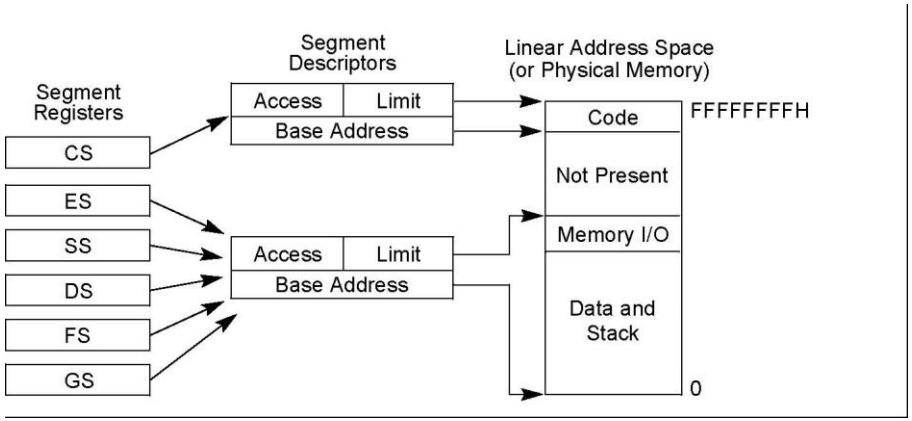
Memória használati stratégiák

Kezdésként ezt választjuk!

- **Egyszerű flat modell**
  - 1 darab 4 GB-os szegmens
  - Méret maximumra állítva
  - Egyszerű használat

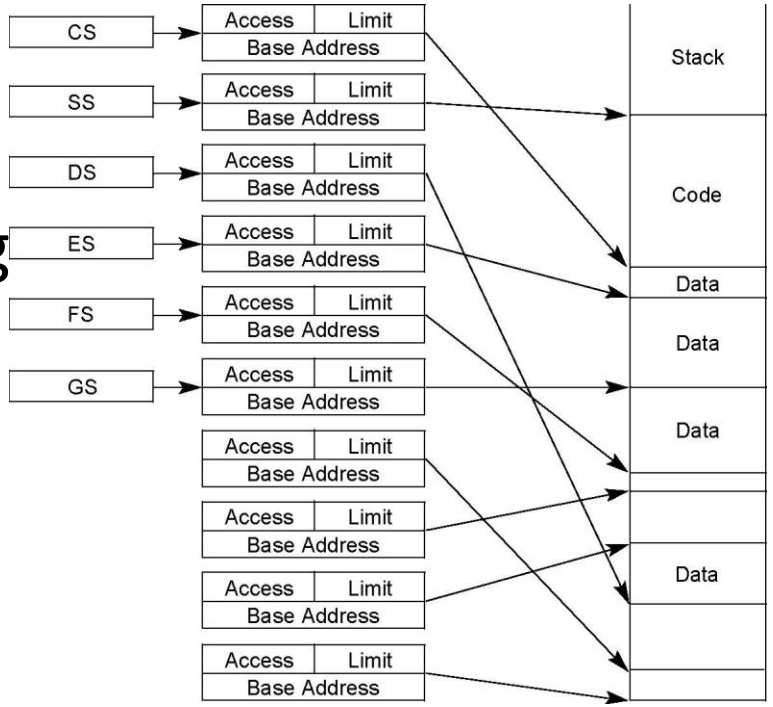


- **Védett flat modell**
  - Kód külön kezelve
  - Méretek megadva
    - <4 GB



Memória használati stratégiák

- **Multiszegmens modell**
  - Bonyolultabb
  - Jobb ellenőrzési lehetőség
    - Érvénytelen memória hivatkozások detektálása



Assembly program felépítése

- **Egyszerű szöveges fájl**
  - Kiterjesztése **`.asm`**
  - Kis- és nagybetűk nincsenek megkülönböztetve
- **Minden sorban 1 elemi utasítás**
  - Gépi kódra fordítandó ***Assembly mnemonic kód***
    - Utasítás + operandus(ok)
  - Fordítónak szóló utasítás, ***direktíva***
    - Szegmensek definiálása
    - Használandó memória modell megadása
    - Más modul definícióinak beillesztése
    - Adatterület foglalás, címkék
    - Megjegyzés, kommentár
    - …

Visual Studio használata

- **MASM Assembly fordító elérhető a Visual Studio-ban**
  - Macro Assembler (Microsoft)
  - 32 és 64 bites fordításra is alkalmas
  - Az ingyenes VS változatokban is
  - Leírás pl. itt (VS 2012 verzióhoz, angolul):
    - http://www.kipirvine.com/asm/gettingStartedVS2012/index.htm
  - Kip Irvine eljárásgyűjteménye
    - Rengeteg hasznos segédfüggvényt definiál
    - Leírás a fenti címen
- **Célszerű a MASM32 telepítése is**
  - MASM egy régebbi, ingyenes változata
  - http://www.masm32.com

MASM szintaktika
MASM32 keret
Win32 rendszerhívások

```
TITLE Hello, Assembly! (MASM32)

.586
.model flat,stdcall
option casemap:none

include \masm32\include\windows.inc
include \masm32\include\kernel32.inc
includelib \masm32\lib\kernel32.lib

.stack 4096

.data
          HelloTxt  BYTE      "Hello, Assembly!", 0ah, 0
          A         DWORD     5

.code
; Belépési pont
main PROC
          MOV       EDX,OFFSET HelloTxt
          INVOKE    GetStdHandle, STD_OUTPUT_HANDLE
          INVOKE    WriteConsole, EAX, ADDR HelloTxt, SIZEOF HelloTxt, EBX, NULL

          MOV       EAX,7
          ADD       EAX,A

          INVOKE    ExitProcess,0
main ENDP

END main
```

Zöld színűek: direktívák
Kék színűek: Assembly utasítások, regiszterek

```
TITLE Hello, Assembly! (MASM32)

.586
.model flat,stdcall
option casemap:none

include \masm32\include\windows.inc
include \masm32\include\kernel32.inc
includelib \masm32\lib\kernel32.lib
```

Inicializálás

```
.stack 4096
```

Verem

```
.data
        HelloTxt  BYTE      "Hello, Assembly!", 0ah, 0
        A         DWORD     5
```

Adatok

```
.code
; Belépési pont
main PROC
        MOV       EDX,OFFSET HelloTxt
        INVOKE    GetStdHandle, STD_OUTPUT_HANDLE
        INVOKE    WriteConsole, EAX, ADDR HelloTxt, SIZEOF HelloTxt, EBX, NULL

        MOV       EAX,7
        ADD       EAX,A

        INVOKE    ExitProcess,0
main ENDP
```

Kódterület

```
END main
```

Forráskód vége

```
TITLE Hello, Assembly! (MASM32)          ; Program megnevezése

.586                                     ; Pentium utasításkészlet
.model flat,stdcall                      ; Memóriamodell, eljáráshívási mód
option casemap:none                      ; Kis- és nagybetűk egyformák

include \masm32\include\windows.inc      ; Win32 eljárásfejlécek, definíciók
include \masm32\include\kernel32.inc     ; behúzása
includelib \masm32\lib\kernel32.lib      ; Win32 tárgykód helye (szerkesztéshez)

.stack 4096                              ; Verem: 4096 bájt (1 lapkeret) méretre

.data
          HelloTxt  BYTE      "Hello, Assembly!", 0ah, 0    ; Szöveg definiálása
          A         DWORD     5                             ; Változó kezdőértékkel

.code
; Belépési pont
main PROC
          MOV       EDX,OFFSET HelloTxt
          INVOKE    GetStdHandle, STD_OUTPUT_HANDLE
          INVOKE    WriteConsole, EAX, ADDR HelloTxt, SIZEOF HelloTxt, EBX, NULL

          MOV       EAX,7
          ADD       EAX,A

          INVOKE    ExitProcess,0        ; Kilépés
main ENDP

END main
```

Irvine library használata

```
TITLE     Hello, Assembly! (32 bites)
INCLUDE   Irvine32.inc                    ; Függvények, definíciók
                                          ; Flat memóriamodell, stack beállítása
.data
          HelloTxt  BYTE      "Hello, Assembly!", 0ah, 0
          A         DWORD     5

.code
; Belépési pont
main PROC
          MOV       EDX,OFFSET HelloTxt
          CALL      WriteString           ; Irvine sztring kiírató függvénye

          MOV       EAX,7
          ADD       EAX,A
          CALL      WriteDec              ; Irvine szám kiírató függvénye

          INVOKE    ExitProcess,0
main ENDP

END main
```

x86 adatterület címzési módjai

Memóriaterület foglalása

- **Adat szegmensben**

```
[Azonosító] Típus érték[, érték, …]

.data
   ADAT1     DW   2016, 2018, 2020
   TEXT1     DB   'Szoveg'
   ADAT2     DB   ? ; Inicializálatlan
```

Memóriaterület foglalása

- **Azonosító (címke)**
  - A sor legelején kell legyen
  - Memóriapozíciót jelent a szegmens elejétől
    - Címke (kódterület) vagy változó (adatterület)
  - 1—247 közötti karakterszám
    - Régi MASM fordítóknál 1—31 lehetett csak
  - Kis- és nagybetű egyenértékűek
  - Az első karakter **betű**, **aláhúzás**, **@**, **?**, vagy **$** lehet
    - **Aláhúzást** és a **@** karaktert célszerű elkerülni kezdőbetűként
  - A továbbiak akár számok is lehetnek

Memóriaterület foglalása

- **Típus**
  - Csak a mérete (bitszélessége) számít

Direktíva (régi)	Jelentése
`DB`	8-bites egész (bájt)
`DW`	16-bites egész (szó)
`DD`	32-bites egész vagy float
`DQ`	64-bites egész vagy double
`DT`	80-bites egész (10 bájt)

Direktíva (új)	Jelentése
`BYTE`	8-bites előjel nélküli egész
`SBYTE`	8-bites előjeles egész
`WORD`	16-bites előjel nélküli egész
`SWORD`	16-bites előjeles egész
`DWORD`	Előjel nélküli duplaszó (32-bit)
`SDWORD`	Előjeles duplaszó
`FWORD`	48-bites egész (távoli mutató védett módban)
`QWORD`	64-bites egész
`TBYTE`	80-bites egész
`REAL4, REAL8, REAL10`	IEEE 754 szabvány szerinti float, double és kiterjesztett lebegőpontos

Értékek megadása

[] opcionális
{ | } 1 választandó

- **Egész számok**

  `[{ + | - }] számjegyek [ radix ]`

Radix jelölés	Jelentése (számrendszer)	Példák
`d` vagy `t`	Decimális (10-es), alapértelmezett	`12, -1010, 12d, 1010d`
`h`	Hexadecimális (16-os)	`12h, 1010h, 0ach`
`q` vagy `o`	Oktális (8-as)	`12o`
`b` vagy `y`	Bináris (2-es)	`1010b`
`r`	Lebegőpontos	`3F800000r`

  - Szám nem kezdődhet betűvel! Az ilyen hexadecimális számok elé vezető nullát kell írni!
  - Decimális, pozitív szám az alapértelmezés
  - Inicializálatlan értéket `?` karakterrel adhatunk meg

Értékek megadása

- **Karakterek, sztringek**
  - Bájt típusként kell megadni (**DB** vagy **BYTE**)
  - Aposztrófok vagy idézőjelek között
    - Szöveg esetén az eltérő jelek egymásba ágyazhatók
    - ASCII karakterkódolás használatos

```
K1 DB 'c'
K2 DB "d", 'a', "Szöveg"
T1 DB 'Hello, Assembly!'
T2 DB 'Ágyazzuk "ezeket" egymásba'
```

Memóriacímzési módok

- **Adatterület címzése**
  - MOV utasításon keresztül
    - **`MOV op1,op2`**
    - Adat mozgatása **`op2`**-ből **`op1`**-be
    - **`op1`** és **`op2`** regiszter vagy memóriacím
    - Legalább az egyik operandus regiszter kell legyen!
- **Kódterület címzése**
  - Vezérlésátadási lehetőségek
  - Rövid, közeli és távoli ugrások

Később tárgyaljuk részletesebben!

Regisztercímzés

- **Regisztercímzés**
  - Az operandusok regiszterek

```
MOV AX,BX
MOV EBP,ESP
```

  - **Nem megengedett esetek**re példa

```
MOV BX,AL ; hibás, eltérő típusok!
MOV CS,AX ; CS nem írható!
MOV ES,DS ; hibás, szegmens regiszterek
          ; között közvetlenül nem megy!
MOV DS,DAT_SEG ; hibás, DS,ES,SS adattal
               ; közvetlenül nem írható!
```

Adatterület címzése

- **Kódba épített adat (közvetlen címzés)**
  - Az ***adat*** (operandus) az ***utasítás része***

```
MOV AX,07FFH ; AX tartalma 07FFH lesz
MOV CL,34H   ; CL 34H lesz,
             ; CH nem változik meg!
             ; Ha CX 1256H volt, akkor
             ; ezután 1234H lesz.
MOV DS,02H   ; szegmens regiszterbe nem!
MOV 34H,CL   ; érték nem lehet cél!
```

Adatterület címzése

- **Direkt memóriacímzés**
  - Az ***operandus címe*** az utasítás része
  - Assembly kódban **címkét** használunk

```
ADAT DW 34F2H ; 1 szóhossznyi adat
;...
MOV AX,ADAT   ; AX tartalma 34F2H lesz
MOV AX,[ADAT] ; ez is ugyanaz
```

  - Disassemblerben pl. így láthatjuk

```
MOV AX,[07FE]  ; amennyiben ADAT címe
               ; 07FEH volt (16-bites)
MOV AX,word ptr ds:[406000] ; 32-bites
```

Lista fájl (részlet)

Offszet címek

Generált bináris kód

```
00000000
00000000 48 65 6C 6C 6F
                2C 20 41 73
                73 65 6D 62
                6C 79 21 0A
                00
00000012 00000005
```

```
00000000
00000000
00000000  BA 00000000 R
00000005  6A F5           *
00000007  E8 00000000 E   *
0000000C  6A 00           *
0000000E  53              *
0000000F  6A 12           *
00000011  68 00000000 R   *
00000016  50              *
00000017  E8 00000000 E   *
0000001C  B8 00000007
00000021  03 05 00000012 R
00000027  6A 00           *
00000029  E8 00000000 E   *
0000002E
```

```
.stack 4096

.data
            HelloTxt    BYTE        "Hello, Assembly!", 0ah, 0

            A           DWORD       5

.code
; Belépési pont
main PROC
            MOV     EDX,OFFSET HelloTxt
INVOKE GetStdHandle, STD_OUTPUT_HANDLE
            push    -00000000Bh
            call    GetStdHandle
INVOKE WriteConsole, EAX, ADDR HelloTxt, SIZEOF HelloTxt, EBX, NULL
            push    +000000000h
            push    ebx
            push    +000000012h
            push    OFFSET HelloTxt
            push    eax
            call    WriteConsoleA

            MOV     EAX,7
            ADD     EAX,A

INVOKE ExitProcess,0
            push    +000000000h
            call    ExitProcess
main ENDP

END main
```

Lista fájl (részlet)

```
                                .stack 4096

00000000                        .data
00000000 48 65 6C 6C 6F         HelloTxt    BYTE        "Hello, Assembly!", 0ah, 0
         2C 20 41 73
         73 65 6D 62
         6C 79 21 0A
         00
00000012 00000005               A           DWORD       5

00000000                        .code
                                ; Belépési pont
00000000                        main PROC
00000000  BA 00000000 R                     MOV     EDX,OFFSET HelloTxt
                                INVOKE GetStdHandle, STD_OUTPUT_HANDLE
00000005  6A F5               *             push    -00000000Bh
00000007  E8 00000000 E       *             call    GetStdHandle
                                INVOKE WriteConsole, EAX, ADDR HelloTxt, SIZEOF HelloTxt, EBX, NULL
0000000C  6A 00               *             push    +000000000h
0000000E  53                  *             push    ebx
0000000F  6A 12               *             push    +000000012h
00000011  68 00000000 R       *             push    OFFSET HelloTxt
00000016  50                  *             push    eax
00000017  E8 00000000 E       *             call    WriteConsoleA

0000001C  B8 00000007                       MOV     EAX,7
00000021  03 05 00000012 R                  ADD     EAX,A

                                INVOKE ExitProcess,0
00000027  6A 00               *             push    +000000000h
00000029  E8 00000000 E       *             call    ExitProcess
0000002E                        main ENDP

                                END main
```

Címkéből offszetcím (szegmens kezdettől számított eltolási számérték) lesz! Fordítási időben ismert!

Adatterület címzése

- **Direkt memóriacímzés**
  - Az ***adatok típusának*** egyezni kell!

```
ADAT1 DB 12H,34H; bájt
ADAT2 DW 1234H  ; Little-endian szó
                ; tárolás: 34H 12H
;...
MOV AX,ADAT1 ; hibás, mert ADAT1 bájt!
MOV AL,BYTE PTR ADAT2; OK, típus
                     ; átalakítás: AL=34H
```

Adatterület címzése

- **Regiszter indirekt címzés**
  - A címzéshez használt **[regiszter]** értéke adja az operandus memóriacímét
  - **EAX**, **EBX**, **ECX**, **EDX**, **ESI**, **EDI**, **EBP** használható
    - **EBP** vagy **BP** használata esetén a verem szegmens, minden más esetben az adat szegmens kerül címzésre!
  - 16-bites esetben csak **BX**, **BP**, **SI**, **DI** lehet

```
MOV EAX,[ EDI ]
; EAX tartalma az EDI érték mint címen
; lévő 32-bites egész érték lesz

MOV [ EDI ],AX
; Az EDI értéke szerinti memóriacímen
; tárolásra kerül AX 16-bites tartalma
```

Adatterület címzése

- **Regiszter indirekt címzés**

```
ADAT1 DW 912, 920, 928
ADAT2 DB 11, 15, 20

; 912 szó érték AX-be (hexa 0390)
; OFFSET direktíva: címke cím értéke
MOV EDI,OFFSET ADAT1
MOV AX,[ EDI ]

; 144 (hexa 90) bájtos érték írása
; 11 helyére
MOV EDX,OFFSET ADAT2
MOV [ EDX ],AL
```

Adatterület címzése

- **Regiszter relatív címzés**
  - Az utasításban elhelyezett **szám**ot (eltolás) hozzáadja a kiválasztott **[regiszterhez]**
    - **EAX**, **EBX**, **ECX**, **EDX**, **ESI**, **EDI**, **EBP**
    - 16 bites esetben csak **SI** vagy **DI** lehet!

```
MOV AX,07FH[ EDI ]
; AX tartalma DI + 7FH
; memóriacím szavas tartalma lesz

MOV [ EDI + 07FH ],AX
; AX értéke a fenti memóriacímre kerül
```

Adatterület címzése

- **Bázis-index címzés**
  - Két regiszter összege adja a címet
    - **EAX**, **EBX**, **ECX**, **EDX**, **ESI**, **EDI**, **EBP**
    - 16-bites esetben csak egy bázis (**BX** vagy **BP**) és egy index regiszter (**SI** vagy **DI**) használható

```
MOV AX,[ EBX + ESI]
MOV AX,[ EBX + ECX ]
```

Adatterület címzése

- **Bázis-index relatív címzés**
  - Bázis + index + eltolás adja a címet

```
MOV AX,057FH[ ESI ][ EBX ]
; AX értéke ESI + EBX + 057FH
; címen található szó értéke lesz
MOV AX,[ EBX + ESI + 057FH ] ; ugyanaz
```

Adatterület címzése

- **Skála-index címzés**
  - Bázis + skála * index + eltolás adja a címet
    - Eltolás el is maradhat
    - Skála lehet: (1,) 2, 4, vagy 8
    - 16 bites változata nincs!
  - **Ideális 1- és 2-dimenziós tömbök indexelésére**
    - 1D tömb: Tömb kezdőcíme a bázis, skála a tömbelem típusának mérete, az index az elérendő elem sorszáma (0-bázisú)
    - 2D tömb: Eltolás a tömb kezdőcíme, bázis a sor kezdőcíme, skála a tömbelem típusának mérete, index az oszlop száma (0-bázisú)

Címzés	Példa	Tipikus használat
Regiszter	`MOV EAX,EBX`	Regiszterek közötti adatáramlás
Közvetlen	`MOV EAX,1492`	**Fordítási időben** ismert konstans számérték közvetlen használata

Direkt	`ADAT1 DW 5192,14,6`
	`...`
	`MOV AX,ADAT1`
		Adatterületen elhelyezett, **fordítási időben** megadott változó elérése nevén keresztül

Regiszter indirekt	`MOV ESI,OFFSET ADAT1`
	`ADD ESI,4`
	`MOV AX,[ESI]`
		Futási időben kiderülő címen található változó értékének beolvasása

Regiszter relatív	`MOV EAX,[ESI+4]`
	
	`MOV AX,ADAT1[ESI]`
	`MOV AX,[ADAT1+ESI]`
		Futási időben megadott helyen lévő tömb **fordítási időben** ismert eleme (bájt pozíció!)
		Fordítási időben ismert helyen lévő tömb **futási időben** megadott eleme (bájt pozíció!)

Bázis-index	`MOV EAX,[EBX+ESI]`	**Futási időben** megadott helyen lévő tömb **futási időben** kiderülő elemének elérése (bájt pozíció!)

Bázis-index relatív	`ADAT2 DD 1,2,3,4,5,6`
	`...`
	`MOV EAX,`
	`ADAT2[EBX+ESI]`
		Fordítási időben ismert helyen lévő 2D tömb **futási időben** kiderülő címzése (sor, oszlop; bájt pozíció!)
		(A 2D tömb technikailag 1D tömbként kerül reprezentálásra.)

Skála-index	`MOV AX,[EBX+2*ESI]`	**Futási időben** megadott helyen lévő tömb **fordítási időben** ismert méretű elemmel, **futási időben** való címzése (elem index!) (2D tömbre is, lásd előzőt)

Adatterület címzése

- **Verem**
  - LIFO-elvű (utoljára be – először ki) adatterület
  - **`ESP` regiszter** automatikusan állítódik eljáráshíváskor és veremműveletek esetén
    - Csökken berakáskor, növekszik kivételkor
  - **`SS:ESP`** a verem tetejét (legfelső elemét) mutatja
  - Ha címzésben szerepel **`ESP`** vagy **`EBP`**, akkor alapértelmezés szerint a veremterület kerül címzésre
- **Használható például**
  - Regiszterek értékének átmeneti tárolására
  - Eljárás híváskor a visszatérési cím tárolására
  - Eljárásnak paraméterek átadására
- **Verem címzése**
  - Részletesen az eljárások paraméterátadásánál foglalkozunk vele

Alapértelmezett szegmens regiszterek

- **Aktuális utasítás címe**
  - `CS:EIP`, csak ugró utasítással módosítható!
- **Adat szegmens**
  - `EAX,EBX,ECX,EDX,ESI,EDI,` címke/offszet/eltolás esetén `DS` az alapértelmezett
  - Sztring műveleteknél `EDI` alapértelmezett szegmens regisztere `ES` (`DS:ESI` a forrás, `ES:EDI` a cél)
- **Verem**
  - `SS` az alapértelmezett szegmens regiszter
  - `EBP` és `ESP` használható címzésre, minden más módhoz felüldefiniálás kell (pl. `MOV AX,SS:[ESI]`).

Alapértelmezés felülbírálása

- **Alapértelmezett szegmens regiszter felülbírálható**
  - Prefix alkalmazásával
  - **FS** és **GS** szegmensek csak így érhetők el

```
MOV AX,DS:[EBP] ; verem helyett adat szegmens
MOV AX,ES:[EBP] ; verem helyett extra szegmens
MOV AX,SS:[EDI] ; adat szegmens helyett verem sz.
MOV AX,CS:[ESI] ; adat szegmens helyett kód sz.
MOV AX,FS:LIST ; adat szegmens helyett F sz.
LODS ES:DATA   ; adat szegmens helyett extra sz.
MOV AX,SS:[ESI]
```

További szabályok

- **Kétoperandusú műveleteknél**
  - legalább egyik operandusa regiszter kell legyen,
  - a két operandus mérete egyező kell legyen,
    - (kivéve **MOVZX** és **MOVSX**)
  - a két operandus nem lehet két szegmens regiszter.
- **DS, SS, ES beépített adattal nem írható**
  - Először valamelyik általános célú regiszterbe töltsük az értéket, majd innen a szegmens regiszterbe
- **SS írásával vigyázzunk**, mert elvész a verem!
- **Szegmens regiszter** nem lehet aritmetikai művelet operandusa
- **CS és EIP regiszter** nem írható, nem tehető verembe, értéke csak ugrással állítható

```
MOV AX,[SI] ; OK
MOV DS,AX   ; OK
MOV [SI],[DI] ; hiba!
```

```
ADAT SEGMENT
SZAM DB 00,01,02
ADAT ENDS
; ...
MOV DS,ADAT ; hiba!
MOV AX,ADAT ; cím be
MOV DS,AX   ; OK
```

```
MOV CS,AX ; lefagy!
JMP cimke     ; OK
CALL eljaras ; OK
JNE ciklus    ; OK
```

Adatmozgató utasítások

Utasítások

- **Adatmozgatás operandusok között**
  - **MOV, MOVZX, MOVSX**
- **Operandusok felcserélése**
  - **XCHG**
- **Kódkonverzió táblázat alapján**
  - **XLAT, XLATB**
- **Cím betöltése**
  - **LDS, LES, LLFS , LGS , LSS**
  - **LEA**
- **FLAG regiszter alsó bájtja mentése AH-ba és visszaállítása**
  - **LAHF, SAHF**
- **Verem műveletek**
  - **PUSH, POP; PUSHF, POPF; PUSHFD, POPFD; PUSHA, POPA; PUSHAD, POPAD**

Mozgatás

- **`MOV op1,op2`**
  - `op2` tartalma `op1`-be
  - Legalább az egyik operandus regiszter kell legyen
  - `op1` **és** `op2` **bitszélességének egyezni kell**
    - Viszont ha 8, vagy 16-bites regiszterbe mozgatunk (pl. AL, AH, AX), a 32-bites regiszter (EAX) címzetlen bitjei változatlanok maradnak!
  - Részletesen ismertetésre került a címzési módoknál

Mozgatás eltérő bitszélességgel Nullázás

- **MOVZX op1,op2**
  - op2 tartalma op1-be
    - op1 16 vagy 32 bites regiszter kell legyen!
    - op2 memóriacím vagy regiszter
    - op2 bitszélessége kisebb, mint op1!
  - op1 magasabb helyiértékű bitjei nullázásra kerülnek
  - Viszont ha 16-bites regiszterbe mozgatunk (pl. AX), a 32-bites regiszter (EAX) felső 16 bitje változatlan marad!

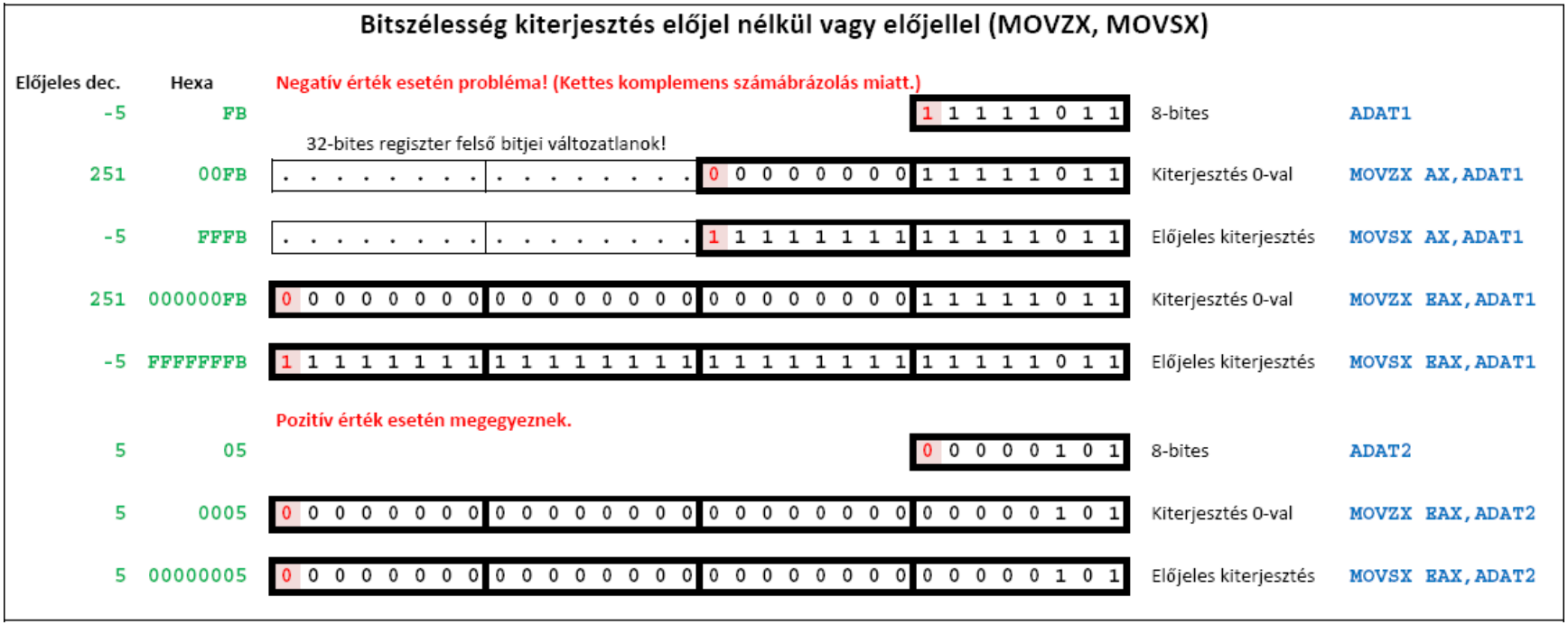
```
ADAT1   DB   10
...
MOVZX   CX,ADAT1  ; CH nullázódik
MOVZX   EDX,ADAT1 ; EDX felső 3 bájtja 0
```

Mozgatás eltérő bitszélességgel Előjel-kiterjesztés

- **MOVSX op1,op2**
  - **op2** tartalma **op1**-be
    - Mint **MOVZX**-nél
  - **op1** magasabb helyiértékű bitjei az előjel értékét veszik fel!
  - Viszont ha 16-bites regiszterbe mozgatunk (pl. AX), a 32-bites regiszter (EAX) felső 16 bitje változatlan marad!

```
ADAT2   DB    5,-5
...
; CH nullázódik (pozitív)
MOVSX   CX,ADAT2
; EDX felső 3 bájtja csupa 1 bit értékű
; (negatív előjel)
MOVSX   EDX,[ADAT2+1]
```

MOVZX, MOVSX


Bitszélesség kiterjesztés előjel nélkül vagy előjellel (MOVZX, MOVSX)
Előjeles dec.
Hexa
Negatív érték esetén probléma! (Kettes komplemens számábrázolás miatt.)
-5 FB 1 1 1 1 1 0 1 1 8-bites ADAT1
32-bites regiszter felső bitjei változatlanok!
251 00FB . . . . . 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 Kiterjesztés 0-val MOVZX AX,ADAT1
-5 FFFB . . . . . 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 Előjeles kiterjesztés MOVSX AX,ADAT1
251 000000FB 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1 0 1 1 Kiterjesztés 0-val MOVZX EAX,ADAT1
-5 FFFFFFFB 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 Előjeles kiterjesztés MOVSX EAX,ADAT1
Pozitív érték esetén megegyeznek.
5 05 0 0 0 0 0 1 0 1 8-bites ADAT2
5 0005 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 Kiterjesztés 0-val MOVZX EAX,ADAT2
5 00000005 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 1 Előjeles kiterjesztés MOVSX EAX,ADAT2

Csere

- **`XCHG op1,op2`**
  - **`op1`** és **`op2`** tartalmának felcserélése
  - Segédváltozó használata nélkül
  - Legalább az egyik operandus regiszter kell legyen
  - **`op1`** és **`op2`** bitszélességének egyezni kell

Kódkonverzió táblázat alapján

- **XLAT**
  - Táblázat bájtos adatokkal
  - Legfeljebb 256 érték szerepelhet benne
  - **AL <- [AL + EBX]**
    - **EBX**: táblázat kezdőcíme
    - **AL**: elem indexe
    - Eredmény: **AL**-be bekerül a táblázat adott indexű eleme

```
HEXTB DB    '0123456789ABCDEF'; hexa szjegyek
...
MOV AL,12D ; AL 12D
MOV EBX,OFFSET HEXTB
XLAT ; AL értéke 'C' karakterkódja lesz
```

Cím és szegmens betöltése

- **Használatuk**
  - Ki lehet váltani velük több műveletet
  - **Flat memóriamodell esetén nem kerülnek használatra!**
- **`LDS reg,mem`** *(Load Data Segment)*
  - Az adott ***`mem`*** címen lévő első **2 vagy 4 bájt** ***`reg`***-be kerül
    - ***`reg`*** bitszélességének megfelelően
  - A rákövetkező 2 bájt **`DS`** regiszterbe
- **`LES reg,mem`** *(Load Extra Segment)*
- **`LFS reg,mem`** *(Load FS)*
- **`LGS reg,mem`** *(Load GS)*
- **`LSS reg,mem`** *(Load Stack Segment)*
  - Ua. mint **`LDS`**, csak más szegmens regiszterrel

Tényleges cím betöltése

- **`LEA reg,mem`** *(Load Effective Address)*
  - A memóriacímzés offszetje a kért regiszterbe kerül
  - Tetszőleges memóriacímzés eredménye 1 utasítással meghatározható
  - **Futási időben történik a számítás!**
  - Akár **`konstans + reg + skála * reg`** aritmetikai számításra is jó

```
; EBX + EDI + 322
LEA ESI,322[ EBX ][ EDI ]
; További példák a memóriacímzésnél
```

Mozgatás

- **`LAHF`** *(Load AH from FLAGS)*
  - **`FLAGS`** regiszter alsó bájtjának értéke **`AH`**-ba
- **`SAHF`** *(Save AH into FLAGS)*
  - **`AH`** értéke **`FLAGS`** regiszter alsó bájtjába

Verem műveletek

- **`PUSH op`**
  - Operandus értéke a verembe kerül
    - Regiszter vagy memóriacím értéke
  - Csak 16 vagy 32 bites érték mozgatható!
  - A verem az alacsonyabb memóriacímek felé bővül!
    - `SS:[ESP-2] = op; ESP = ESP - 2 (16 bit)`
    - `SS:[ESP-4] = op; ESP = ESP - 4 (32 bit)`
- **`POP op`**
  - A verem tetejének értéke `op`-ba kerül
  - Csak 16 vagy 32 bites érték mozgatható!
    - `Op = SS:[ESP]; ESP = ESP + 4`
    - `Op = SS:[ESP]; ESP = ESP + 4`

Verem műveletek

- **FLAG regiszter mentése**
  - **PUSHF**, **POPF**
    - **FLAGS** regiszter (16 bites) tartalma kerül a verembe, illetve onnan visszaolvasásra
  - **PUSHFD**, **POPFD**
    - **EFLAGS** regiszter (32 bites) tartalma kerül a verembe, illetve onnan visszaolvasásra
- **Általános célú regiszterek mentése**
  - **PUSHA**, **POPA**
    - Az összes 16 bites általános célú regiszter tartalma kerül a verembe, illetve onnan visszaolvasásra
      - **AX**, **BX**, **CX**, **DX**, **SP**, **BP**, **SI**, **DI**
  - **PUSHAD**, **POPAD**
    - Az összes 32 bites általános célú regiszter tartalma kerül a verembe, illetve onnan visszaolvasásra
      - **EAX** , **EBX** , **ECX** , **EDX** , **ESP** , **EBP** , **ESI** , **EDI**

Verem inicializálása

- **Automatikus**
  - Ha a forráskódban megfelelően definiáltuk a verem szegmenst, akkor
    - **`SS`** felveszi a szegmenscímet,
    - **`ESP`** pedig a lefoglalt verem terület legvégére mutat

  a program indulásakor.

x86 logikai és aritmetikai utasításai

Logikai utasítások

- **AND, OR, XOR**
  - Logikai ÉS, VAGY, KIZÁRÓ VAGY művelet az operandusok bitjei között
  - A „szokásos” igazságtáblák szerint
  - Eredmény **op1**-be

    ```
    AND op1,op2
    ```
- **NOT**
  - Operandus bitjeit negálja (egyes komplemens)

    ```
    NOT op
    ```
  - (Kettes komplemens: **NEG** utasítás (aritmetikai művelet))
- **TEST**
  - Logikai ÉS művelet az operandusok között, de csak a **flag**-ek állítódnak, az operandusok változatlanok maradnak!
  - Általában 1 bit tesztelésére használatos

    ```
    TEST op1,op2
    ```

Aritmetikai utasítások

- **Összeadás, kivonás**
  - Előjeles (kettes komplemens): **`ADD`**, **`ADC`** , **`SUB`** , **`SBB`**
  - BCD: **`DAA`** , **`DAS`**
  - ASCII: **`AAA`** , **`AAS`**
- **Szorzás, osztás**
  - Előjeles, előjel nélküli: **`MUL`** , **`IMUL`** , **`DIV`** , **`IDIV`**
  - BCD: **`AAD`**, **`AAM`**
- **Növelés, csökkentés, negálás**
  - **`INC`** , **`DEC`** , **`NEG`**
- **Előjel kiterjesztés**
  - **`CBW`** , **`CWD`** , **`CWDE`** , **`CDQ`**
- **Összehasonlítás**
  - **`CMP`**

Aritmetikai utasítások

- **Hatásuk a FLAGS regiszter bitjeire**
  - **I**, **D**, **T**: nem változnak
  - **C**, **P**, **A**, **Z**, **S**, **O**: változhatnak
    - Átvitel (**C**): 8 vagy 16 biten nem fér el az eredmény
    - Paritás (**P**): 1-es értékű bitek (csak az alsó bájton!)
    - Másodlagos átvitel (**A**): 3. és 4. bitek közötti átvitel
    - Zéró (**Z**): eredmény nulla-e? (1 = igen, 0 = nem)
    - Előjel (**S**): eredmény legmagasabb bitje (kettes komplemens)
    - Túlcsordulás (**O**): 1, ha az eredmény nem fért el az adott típus értéktartományán
- **Az eredmény elkészülte mellett**
  - Feltételes ugrásokat végezhetünk a **flag** bitek alapján
  - **C** és **O** vizsgálatával az eredmény előjelét megállapíthatjuk

Összeadás (ADD)

- **Előjeles (kettes komplemens), átvitel nélkül**
  - **Z**, **C**, **A**, **S**, **P**, **O** flageket állítja

```
ADD EAX,EBX  ; EAX = EAX + EBX
ADD AL,BL    ; AL = AL + BL
ADD CL,44H   ; CL = CL + 44H
ADD [BX],AL  ; AL értéke hozzáadódik BX által
             ; mutatott memóriacím értékéhez,
             ; tárolás a memóriacímen
ADD DS,4     ; szegmens regiszterhez nem!
ADD [BX],ADAT ; legalább 1 regiszter kell!
```

Összeadás (ADC)

- **Előjeles (kettes komplemens), átvitellel**
  - **Z**, **C**, **A**, **S**, **P**, **O** flageket állítja
  - **C** flag bit értékét is hozzáadja az összeghez

```
ADC AL,AH    ; AL = AL + AH + C
ADC CL,44H   ; CL = CL + 44H + C

; 64 bites összeadás EBX:EAX + EDX:ECX
ADD EAX,ECX ; alsó 32 bit, átvitel C-be
ADC EBX,EDX ; felső 32 bit: EBX + EDX + C
```

Növelés, csökkentés, negálás

- **`INC op`**
  - Operandus értékét 1-gyel növeli
  - 8 vagy 16 bites
  - **`C` flaget NEM állítja**

- **`DEC op`**
  - Operandus értékét 1-gyel csökkenti
  - 8 vagy 16 bites
  - **`C` flaget NEM állítja**

- **`NEG op`**
  - Operandus ellentettjét képzi
  - Kettes komplemens alakban!

Bináris érték	Decimális
00000101	5
11111011	-5

Kivonás (SUB)

- **Előjeles (kettes komplemens), átvitel nélkül**
  - **Z**, **C**, **A**, **S**, **P**, **O** flageket állítja

```
SUB EAX,EBX ; EAX = EAX - EBX
SUB CL,44H  ; CL = CL - 44H
SUB [BX],AL ; AL értéke kivonódik a BX által
            ; mutatott memóriacím értékéből,
            ; tárolás a memóriacímen
MOV CH,22H ; decimális 34-ből
SUB CH,44H ; decimális 68 kivonása
           ; az eredmény DEh lesz, ami
           ; helyes (-34)
           ; nincs túlcsordulás sem!
```

Kivonás (SBB)

- **Előjeles (kettes komplemens), átvitellel**
  - **Z**, **C**, **A**, **S**, **P**, **O** flageket állítja
  - **C** flag bit értékét is kivonja

```
SBB AL,AH    ; AL = AL - AH - C
SBB CL,44H   ; CL = CL - 44H - C
```

Összehasonlítás (CMP)

- **Hatása**

  `CMP op1,op2`

  – Az operandusok nem változnak!

  – A **`flag`**-ek az **`op1-op2`** kivonásnak megfelelően állnak be

  – Feltételes vezérlésátadáshoz jól felhasználható

Szorzás (8 bites)

- **Általános szabály 8-bites szorzásra**
  - A szorzandó mindig az **AL** regiszter!
  - Eredmény **AX**-ben képződik (16 bites eredmény)!
  - **C** flag 1 értéke jelzi, ha van átvitel **AH**-ba

- **Előjeles szorzás:** **IMUL**

```
IMUL DH      ; AX = AL * DH
```

- **Előjel nélküli:** **MUL**

```
MOV BL,5     ; BL előkészítése
MOV CL,100   ; CL előkészítése
MOV AL,CL    ; CL AL-be töltése
MUL BL       ; AX = AL * BL
MOV DX,AX    ; DX = AX = AL * BL = CL * BL
```

Szorzás (16 bites)

- **Általános szabály 16-bites szorzásra**
  - A szorzandó mindig az **AX** regiszter!
  - Eredmény **DX**:**AX** regiszterekben képződik
    - 32 bites eredmény! (**DX**-ben a felső helyiértékű bitek)
  - **IMUL**, **MUL** utasítások, mint 8-bites esetben
  - **C** flag 1 értéke jelzi, ha van átvitel **DX**-be

```
MUL CX ; DX:AX = AX * CX
MUL WORD PTR [ SI ] ; DX:AX = AX *
  ; SI helyen a memóriában található
  ; szó értéke
  ; Kell a WORD PTR, mert a fordító nem
  ; tudja, hány bites a művelet!
```

Szorzás (32 bites)

- **Általános szabály 32-bites szorzásra**
  - A szorzandó mindig az **EAX** regiszter!
  - Eredmény **EDX**:**EAX** regiszterekben képződik
    - 64 bites eredmény! (**EDX**-ben a felső helyiértékű bitek)
  - **IMUL**, **MUL** utasítások, mint 8-bites esetben
  - **C** flag 1 értéke jelzi, ha van átvitel **EDX**-be

```
MUL ECX ; EDX:EAX = EAX * ECX
MUL DWORD PTR [ ESI ] ; EDX:EAX = EAX *
  ; ESI helyen a memóriában található
  ; szó értéke.
  ; Kell a DWORD PTR, mert a CPU nem
  ; tudja, hány bites a művelet!
```

IMUL specialitások

A **MUL** utasítás továbbra is csak 1 operandusú lehet!

- **Lehet két operandusa is (80286-tól)**
  - Az első operandus egy regiszter (szorzandó)
    - 16 vagy 32 bites
  - A szorzó lehet regiszter, memóriahivatkozás vagy közvetlen érték
    - Elsővel egyező bitszélességű!
  - Eredmény az első operandusban keletkezik
    - **Itt nincs bitszélesség kiterjesztés!**
    - C és O flag bit értékek mutatják, ha van elveszett átvitel!

```
IMUL ECX,4
MOV  AX,20000d
IMUL AX,90d   ; Ez már nem fér el AX-ben!
              ; És itt nincs átvitel DX-be!
```

IMUL specialitások

- **Lehet három operandusa is (80386-tól)**
  - Az első operandus egy regiszter (szorzandó)
    - 16 vagy 32 bites
  - A második operandus lehet regiszter vagy memóriahivatkozás
    - Elsővel egyező bitszélességű!
  - A harmadik operandus egy közvetlen érték
  - Eredmény az első operandusban keletkezik
    - **Itt nincs bitszélesség kiterjesztés!**
    - **C** és **O** flag bit értékek mutatják, ha van elveszett átvitel!

```
IMUL AX,DX,6
IMUL ECX,[EDX+6],5
```

Osztás (DIV, IDIV)

- Előjeles osztásnál a **maradék előjele az osztandó előjele**
- **16 bites osztandó (`AX`), 8 bites osztó (operandus)**
  - `AL` a hányadost, `AH` az egész maradékot tartalmazza osztás után
- **32 bites osztandó (`DX`:`AX`), 16 bites osztó**
  - `AX` a hányadost, `DX` az egész maradékot tartalmazza osztás után
- **64 bites osztandó (`EDX`:`EAX`), 32 bites osztó**
  - `EAX` a hányadost, `EDX` az egész maradékot tartalmazza osztás után

Osztás (DIV, IDIV)

- **Szükség esetén az osztandó szélességét előjelhelyesen ki kell terjeszteni!**
  - Egyező méretű osztandó és osztó esetén
  - Előjel nélküli esetben 0-val
    - **`AH`**, illetve **`DX`**, **`EDX`** tartalma
  - Előjeles esetben minden bitet az előjel bit értékével

Előjel-kiterjesztés

Nem csak osztáshoz, más célból történő kiterjesztéshez is használhatók!

- **CBW** *(Convert Byte to Word)*
  - Bájtból előjelhelyes szó
  - **AL** regisztert egészíti ki
    - Negatív esetben hexa **FF** lesz **AH**, egyébként 0
- **CWD** *(Convert Word to Double Word)*
  - Szóból előjelhelyes dupla szó
  - **AX** regisztert egészíti ki
    - Negatív esetben hexa **FFFF** lesz **DX**, egyébként 0
- **CWDE** *(Convert Word to Extended Doubleword)*
  - **AX** regisztert egészíti ki előjelhelyes **EAX**-re
    - Negatív esetben **FFFF** lesz **EAX** felső két bájtja, egyébként 0
- **CDQ** *(Convert Doubleword to Quadword)*
  - **EAX**-et egészíti ki előjelhelyes 64-bites értékre
    - A felső 32 helyiértékű bitek **EDX**-be kerülnek

Osztás (IDIV, DIV)

- **Vizsgálatok osztás előtt**
  - 0-val osztás hibát okoz (csapda)!
  - Ha az osztás eredménye nem fér el **`AL`**-ben (8 bites), **`AX`**-ben (16 bites), illetve **`EAX`**-ben, akkor …
    - 0. megszakítás hívódik
      - Alapértelmezés szerint kilép a programból
      - Átirányíthatjuk saját kódra (lást a megszakításoknál)
    - Inkább előzetes ellenőrzés javasolt
      - Pl. 8 bites osztásnál: ha **`AH >= op`**, akkor túl nagy az osztandó!
    - Vagy 8 bites osztás helyett végezzünk 16 bitest!
      - 16 helyett 32 bitest, …

Osztás

```
; 8 bites előjel nélküli osztás
MOV AL,NUMB  ; NUMB adat betöltése
MOV AH,0     ; AH nullázása előjel nélküli
             ; osztás előtt
DIV NUMB1    ; előjel nélküli osztás

; 16 bites előjeles osztás
MOV AX,-100
MOV CX,9
CWD          ; DX-AX: előjelhelyes -100 érték
IDIV CX
```

Osztás

- **Példa: maradék vizsgálata kerekítéshez**

```
   DIV BL
   ADD AH,AH  ; maradék duplázása
   CMP AH,BL  ; nagyobb-e az osztónál?
   JB  NEXT   ; ha nem, akkor jó az eredmény
   INC AL     ; ha igen, akkor felfelé kerekít
NEXT: ...
```

Flag-ek viselkedése

- **1. példa**

```
53 + 18 = 71
  00110101
+ 00010010
----------
0 0 01000111        Rendben, előjelhelyes is.
```

Túlcsordulás (O), Átvitel (C), Előjel (S)

- **2. példa**

```
53 + 83 = 136
  00110101
+ 01010011
----------      Ez -120! Előjel rossz,
1 0 10001000    túlcsordulás is van!
```

Flag-ek viselkedése

- **3. példa**

```
-53 + -18 = -71
  11001011
+ 11101110
----------
0 1 10111001     Rendben, de C=1!
```

- **4. példa**

```
-53 + -83 = -136
  11001011
+ 10101101
----------       Ez +120! Előjel is rossz,
1 1 01111000     túlcsordulás és átvitel
                 is van!
```

Flag-ek viselkedése

- **5. példa**

```
-53 + 18 = -35
  11001011
+ 00010010
----------
0 0 11011101     Rendben (végre valami...)!
```

- **6. példa**

```
53 + -18 = 35
  00110101
+ 11101110
----------
0 1 00100011      Jó, de C=1!
```

Flag-ek viselkedése

- **7. példa**

```
-18 + 18 = 0
  11101110
+ 00010010
----------
0 1 00000000     Jó, de C=1!
```

Flag-ek viselkedése a példákban

- **Z *(Zero)* flag**
  - Csak a 7. példában 1, mert csak akkor 0 az eredmény. Más példákban 0.
- **S *(Sign)* flag**
  - Eredmény legmagasabb bitjének értéke
  - 2. és 4. példában nem a valódi előjelet adja! Belső átvitel elrontotta…
- **C *(Carry)* flag**
  - Legfelső biten keletkezett túlcsordulás
  - Logikus értelme csak azonos előjelű számok összeadásakor van a példákban: ekkor az eredmény helyes előjelét adja (S flag helyett…)
- **O *(Overflow)* flag**
  - Ha az eredmény értéke kívül esik az ábrázolható tartományon (itt: [-128,+127])
  - Összeadás után O alapján dönthető el, hogy az eredmény előjelhelyes-e?
    - Ha O flag értéke 1, akkor C a helyes előjel. (2. és 4. példa)
    - Ha O flag értéke 0, akkor S a helyes előjel. (A többi példában.)
- **P *(Parity)* flag**
  - 1-es értékű bitek paritása (számának párossága) az eredményben
  - Értéke 1 az 1., 2., 4., 5. és 7. példákban

Flag-ek viselkedése

- **Konklúzió**
  - `O`, `S` és `C` flag-ek alapján dönthetünk a helyes értékről
  - Magasszintű nyelveket is érinti ez a probléma, de ott nincs lehetőségünk a `flag` értékek vizsgálatára!
- **Fontos**
  - Olyan regiszter(eke)t célszerű választani, amelyben az eredmény is „elfér”
  - Ha pl. előfordulhat, hogy az összeg kivezet a [-128,+127] tartományból, akkor használjunk 16 bites regisztereket

Probléma magasszintű nyelvben

C forráskód

```
#include <stdio.h>
int main( int argc, char *argv[] )
{
  char a, b, c;
  a = 53;
  b = 83;
  c = a + b;
  printf( "Osszeg: %d\n", (int)c );

  return 0;
}
```

Eredmény

- -120 értéket kapunk!
- Az Assembly-vel ellentétben itt nem „látjuk” a flag-ek értékét a művelet elvégzése után!

Vezérlésátadó utasítások

Vezérlésátadás

- **Feltétel nélküli**
  - A program az utasításban megadott helyen folytatódik
  - **JMP**, **CALL**
- **Feltételes**
  - Ha a feltétel teljesül, akkor a címke által mutatott helyen, egyébként az elágazás utánin
  - **FLAGS** regiszter bit-értékeinek megfelelően
    - Számos utasítás az **S**,**Z**,**C**,**P**,**O** FLAG bitek, illetve az **ECX** regiszter vizsgálatával
    - **FLAG** biteket aritmetikai, logikai, bitforgató, flag beállító műveletek módosítanak, ezek után lehet feltételes ugrás
  - Ciklusszervezés a **LOOP** utasításcsaládal
    - **ECX** és **FLAGS** bitek

Vezérlésátadás (védett mód)

- **Direkt**
  - Az utasítás tartalmazza **`EIP`** és **`CS`** új értékét
- **`EIP`-relatív**
  - Előjeles egész érték hozzáadása az utasítás-számlálóhoz
  - Ha negatív, akkor „visszafelé” ugrunk
  - A szegmensen belül körkörös a címzés: ha a szegmens végén ugrunk előre, túl a szegmens határán, akkor a szegmens elején „ találjuk magunkat”
- **Indirekt (regiszter vagy címzés)**
  - **`EIP`** új értéke egy regiszter értékét veszi fel
  - Címzéssel elért memóriaterület adja meg **`EIP`** és **`CS`** új értékeit (pl. ugrótábla)

Vezérlésátadás (védett mód)

- ***Rövid* ugrás**
  - **`EIP`** relatív, 1 előjeles bájton ábrázolt távolságra
    - Szegmensen belül (**`CS`** változatlan)

      `[-128,+127]` bájt tartományon belül!
- ***Közeli (`NEAR`)* ugrás**
  - **`EIP`** relatív, 4 előjeles bájton ábrázolt távolságra
    - Szegmensen belül (**`CS`** változatlan)

      `[-2GB,+2GB]` bájt tartományon belül!
- ***Távoli (`FAR`)* ugrás**
  - **`CS`** és **`EIP`** is változik, 6 bájt szükséges

Kódterület címzése (védett mód)

	Követlen (direkt)	EIP-relatív	Regiszter indirekt	Címzett indirekt	Megjegyzés
Rövid ugrás	?	-128, +127 közötti távolság, **EIP**-hez adódik	-	-	**LOOP** csak ilyen lehet! Feltételes lehet ilyen.
Közeli ugrás	?	-2GB, +2GB közötti távolság, **EIP**-hez adódik	**JMP AX** Regiszter -> **EIP**	**JMP [DI+2]** Memóriatartalom -> **EIP**	Feltételes elágazás lehet ilyen is.
Távoli (szegmens közi) ugrás	Műveleti kód után **EIP** és **CS** új értéke	-		**JMP FAR PTR [AX]** memóriacímen található két szó kerül **EIP**, **CS**-be	Csak feltétel nélküli ugrás lehet.

Megjegyzések:

A szegmensek címzése „körkörös”, nincs túlcsordulás kezelés!

‘?’: Egyes könyvek állítják, hogy ilyen létezik, de nem írják le, hogyan érhető el

Kódterület címzése (védett mód)

- **Rossz hír**
  - Ellentmondó szakirodalom
- **Jó hír**
  - Ezzel nem kell foglalkoznunk
  - Címkéket használva a fordító (assembler) feladata a megfelelő címzés kiválasztása és használata
    1. **Rövid IP-relatív ugrás** (2 bájt: opkód + távolság)
       - ha szegmensen belüli és a távolság -128 és +127 közötti,
       - vagy LOOP valamelyik változata
    2. **Közeli IP-relatív ugrás** (5 bájt: opkód + távolság)
       - ha nagyobb, de szegmensen belüli
    3. **Direkt ugrás** (7 bájt: opkód + EIP + CS új értéke)
       - szegmensen kívüli vagy FAR címkére történik (feltétel nélküli)

Kódterület címzése

- **Főbb különbségek 8086 valós módban**
  - **`EIP`** helyett **`IP`**
  - A közeli ugrás csak 2 bájtos, [-32768, +32676] tartományban
  - A feltételes ugrások csak rövidek lehetnek!
    - [-128, +127] tartományban
    - Mint védett módban a **`LOOP`**

Feltétel nélküli vezérlésátadás

- **Ugrás**
  - Rövid, közeli, vagy távoli címre (**`NEAR`**, **`FAR`**)
  - **`JMP címke`**
- **Eljárás**
  - Rövid, közeli, vagy távoli címre (**`NEAR`**, **`FAR`**)
  - **`CALL címke`**
    - Vezérlésátadás a címre, visszatérési cím a verembe
  - **`RET`**
    - Visszatérés a verem tetején található címre
  - **`RET n`**
    - Visszatérés, és n darab érték kivétele a veremből
    - Vermen keresztül átadott paraméterek takarítására
  - Célszerűbb eljárásokat használni ugrások helyett!

Feltételes vezérlésátadás

- **FLAG bitek vagy ECX regiszter vizsgálata**
  - Ugrás, ha feltétel teljesül
  - Következő utasítás végrehajtása, ha nem

Feltétel	Előjeles	Előjel nélküli
=	JE, JZ	JE, JZ
≠	JNE, JNZ	JNE, JNZ
>	JG, JNLE	JA, JNBE
≥	JGE, JNL	JAE, JNB
<	JL, JNGE	JB, JNAE
≤	JLE, JNG	JBE, JNA

Jump, Not, Equals, Zero, Less than, Greater than, Above, Below

Flag/reg.	0 értékű	1 értékű
O	JNO	JO
P	JNP, JPO	JP, JPE
S	JNS	JS
C	JNC	JC
Z	JNZ, JNE	JZ, JE
CX	JCXZ,JECXZ	

Jump, Overflow, Parity, Sign, Carry, Zero, CX, Not, Equals, Parity Even, Parity Odd, Zero

Ciklusok szervezése

- **`LOOP címke`**
  - **`ECX`** számláló regiszter csökkentése 1 értékkel, ugrás ha még nem nulla az értéke
  - Egyébként következő utasítás jön
- **`LOOPNZ, LOOPNE`**
  - Ha **`Z`** FLAG értéke 0, akkor **`ECX`** csökkentése, ugrás ha az még nem nulla
  - Egyébként következő utasítás jön
- **`LOOPZ, LOOPE`**
  - Ha **`Z`** FLAG értéke 1, akkor **`ECX`** csökkentése, ugrás ha az még nem nulla
  - Egyébként következő utasítás jön

Ciklusok szervezése

- **LOOP** további változatai
  - **LOOPW**
    - **CX** használata **ECX** helyett
  - **LOOPD**
    - **ECX** használata, megegyezik **LOOP**-pal
  - Fentiek **FLAG** bitekkel kombinált változatai
    - **LOOPEW**, **LOOPED**, **LOOPNEW**, **LOOPNED**
    - **LOOPZW**, **LOOPZD**, **LOOPNZW**, **LOOPNZD**

Kiegészítő anyag!
Csak hogy ilyet is lássunk…

Rövid ugrás kikerülése

- **Probléma**
  - **LOOP** ciklus ugrások csak rövid távolságra használhatók (-128,+127 bájt között)
- **Megoldás**

```
Cimke:
    ; ... hosszú kód rész, > 128 bájt
    LOOP Cimke ; nem jó, túl nagy távolság!
    DEC ECX
    JNZ Cimke  ; OK, mivel JNZ mehet közeli címre
    ; Folytatás
```

Példaprogram #1

- **Adatszegmensben található tömbök értékeinek összeadása**
  - Konstans méretű és megadott kezdőértékű tömbök
  - Az eredmény ezekkel egyező méretű tömb, előre lefoglalt területen
  - (Rodek Lajos és Diós Gábor megoldása)

```
TITLE Vektorok összeadása adatterületen (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc

.data
    ElemSzam        EQU     SIZEOF Vekt1            ; 5 elemű tömbök
    Vekt1           DB      6,-1,17,100,-8          ; tömb értékek
    Vekt2           DW      1000,1999,-32768,4,32767 ; eltérő típusok!
    Eredm           DW      ElemSzam DUP (?)        ; helyfoglalás eredménynek

.code
PRGSTART:
    MOV ECX,ElemSzam    ; Elemszám számláló reg.-be
    XOR EBX,EBX         ; EBX nullázása
    MOV ESI,EBX         ; ESI nullázása
Ciklus:
    MOV AL,[Vekt1+EBX]  ; AL-be Vekt1 értéke
    CBW                 ; Előjelhelyes kiterjesztés AL->AX
    ADD AX,[Vekt2+ESI]  ; Vekt2 elemének hozzáadása
    MOV [Eredm+ESI],AX  ; Összeg tárolása
    INC EBX             ; EBX növelése   (DB adat!)
    LEA ESI,[ESI+2]     ; ESI = ESI + 2 ! (DW adat!)
    LOOP Ciklus         ; ECX csökkentése, ugrás ha > 0

    ; Eredm memóriatartalmának kiírása konzolra (Irvine)
    MOV ESI, OFFSET Eredm     ; starting offset
    MOV ECX, LENGTHOF Eredm   ; # of units
    MOV EBX, TYPE Eredm       ; double format
    CALL DumpMem
    ; Eredm: 03EE 07CE 8011 0068 7FF7
    ; (decimális 1006, 1998, -32751, 104, 32759)

    exit
END PRGSTART
```

Alternatívák ESI növelésére:

`ADD ESI,2`

- OK, de **FLAG** regiszter bitek is állítódnak!

`INC ESI`
`INC ESI`

- Két utasítás 1 helyett

`LEA ESI,[ESI+2]`

- op2 offszet címének betöltése
- 1 utasítás, nincs FLAG állítás
- Összetettebb címzésnél is használható!

Példaprogram #2

- **Adatszegmensben található karakter tömb megfordítása verem segítségével**
  - A sztring végjelét mi definiáljuk
  - Végjelig olvasunk, az értékek verembe kerülnek
  - Ha elértük a végjelet, akkor kivesszük sorban az elemeket a veremből és a kezdeti memóriaterületre tesszük

```
TITLE Szófordító veremmel (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc

.data
    VEGJEL          DB      '$'
    SZO             DB      'Ez a szoveg$'

.code
PRGSTART:
    MOV EBX,OFFSET SZO  ; szó offszet címe EBX regiszterbe
    MOV ESI,0           ; ESI nullázása
    MOV AH,0            ; AH nullázása (szöveg bájtos, verembe AX tehető)
PAKOL:
    MOV AL,[ESI+EBX]    ; aktuális karakter AL-be töltése
    CMP AL,VEGJEL       ; összehasonlítás végjel karakterrel
    JE PAKOLVEGE        ; ha elértük, akkor lépjünk ki a ciklusból
    PUSH AX             ; karakter verembe kerül
    INC ESI             ; következő karakterre pozícionálunk
    JMP PAKOL           ; ciklusmag újbóli feltétel nélküli végrehajtása
PAKOLVEGE:              ; ha elértük a végjelet
    CMP ESI,0           ; ha csak végjel volt
    JE KILEP            ; kilépés
    MOV ECX,ESI         ; a sztring megszámolt hossza ECX-be
    XOR ESI,ESI         ; ESI nullázása: sztring elejére állás, EBX változatlan
FORDIT:                 ; ciklusmag a fordításhoz
    POP AX              ; utolsó karakter kivétele a veremből
    MOV [ESI+EBX],AL    ; berakása az elején következő helyre
    INC ESI             ; következő karakterpozícióra állás
    LOOP FORDIT         ; CX csökkentése, ha még nem nulla, akkor ciklusmag újra
KILEP:
    exit                ; kilépés
END PRGSTART
```

Példaprogram #2

- **Veszélyforrások!**
  - **Ha a sztring végéről lefelejtjük a végjelet**
    - A verembe pakolás folytatódik a verem- és kódszegmens területekről is
    - A verem túlcsordulhat
    - Kódterület felülírásra kerülhet
  - **Sztring hossza nagyobb mint a verem mérete**
    - Betelik a verem, a szegmens végétől felülírja az ott lévő tartalmat
- **Eredmény**
  - Védelmi hibát okoz(hat) a program!
  - Ennek oka, hogy olyan területre is írunk, ahová nincs jogosultságunk

Paraméterátadás eljáráshíváskor
Rekurzív, re-entráns eljárások

Paraméterátadás eljárásnak

- **Technika**
  - **Magasszintű nyelvek**
    - Formális paraméterlista; rögzített mechanizmus (automatikusan)
  - **Assembly**
    - Átadás módja nincs szabályozva, a programozónak kell gondoskodnia róla
    - Magasszintű nyelvekkel kombinált Assembly program esetén a másik nyelv hívási mechanizmusát kell használni az Assembly részben

Paraméterátadás eljárásnak

- **Történhet**
  - **Adat területen keresztül**
  - **Regiszter(ek)en keresztül**
    - Változó értékek
    - Memóriaterületek címei
    - Probléma: globális változók, rekurzió támogatása nem megoldott
  - **Vermen keresztül**
    - Változók értékei, címek a verembe kerülnek
    - Bázis-relatív címzéssel elérhetők az eljárásban
    - Rekurzió esetén saját lokális változókészlet használható

Paraméterátadás eljárásnak

- **Összeadás példa**
  - **Medoldások**
    - Eljárás nélkül
    - Eljárással, adat szegmensben levő adatok összeadása
    - Paraméterek átadása regiszterekben
    - Paraméter átadás veremben

```
TITLE Összeadás közvetlenül (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc
.data
    a_val               DD                      5   ; 32-bites egészek
    b_val               DD                      7
    c_val               DD                      ?
.code
_Main PROC
            MOV  EAX,b_val          ; Paraméterek a verembe ...
            MOV  EBX,a_val          ; ... fordított sorrendben
            ADD  EAX, EBX
            MOV  c_val, EAX         ; ... fordított sorrendben

            CALL WriteDec           ; Konzolra írás
            INVOKE ExitProcess,0
_Main ENDP

END _Main
```

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    c_val = a_val + b_val;

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}
```

Paraméterek regiszterekben

- **Probléma**
  - Csak *A_val* és *B_val* összegét tudja kiszámítani!

- **Megoldás**
  - Az eljárás paraméterként kapja meg a **két értéket**, így tetszőleges számok összegét számítani tudja.
  - A paramétereket két regiszterben (**`EAX`**,**`EBX`**) adjuk át.

```
TITLE Érték szerinti paraméterátadás (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc
.data
    a_val               DD                      5   ; 32-bites egészek
    b_val               DD                      7
    c_val               DD                      ?
.code
_Main PROC
            MOV  EAX,b_val          ; Paraméterek a verembe ...
            MOV  EAX,a_val          ; ... fordított sorrendben
            CALL Sum                ; Függvényhívás eredmény az AX-ben
            MOV  c_val,EAX          ; Adatterületre írása

            CALL WriteDec           ; Konzolra írás
            INVOKE ExitProcess,0
_Main ENDP
Sum PROC NEAR           ; Közeli hívás, 4 bájtos visszatérési cím
            ADD  EAX, EBX           ; b_val hozzáadása

            RET                     ; Hívó fél takarít majd!
Sum ENDP
END _Main
```

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    c_val = sum( a_val, b_val );

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}
```

Vagy legalábbis valami hasonló.

C-ben nincsenek regiszterek, ennek az assembly programnak igazából nincs C-s megfelelőjel.

Paraméterek a veremben

- **Probléma**
  - Regisztereken keresztül csak limitált számú paraméter adható át
  - Rekurzív és re-entráns eljárások hívásakor új paraméterkészlet átadása szükséges
- **Megoldás**
  - A paramétereket egy memóriaterületen helyezzük el és annak a címét adjuk át
  - A **paramétereket helyezzük el a veremben**, ahol a meghívott eljárás eléri

```
TITLE Érték szerinti paraméterátadás (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc
.data
    a_val               DD                  5   ; 32-bites egészek
    b_val               DD                  7
    c_val               DD                  ?
.code
_Main PROC
            PUSH 0                  ; Helyfoglalás a függvény eredményének
            MOV  EAX,b_val          ; Paraméterek a verembe ...
            PUSH EAX                ; ... érték szerint ...
            MOV  EAX,a_val          ; ... fordított sorrendben
            PUSH EAX
            CALL Sum                ; Függvényhívás
            ADD  ESP,8              ; Paraméterek takarítása a veremből
            POP  EAX                ; Eredmény kiolvasása
            MOV  c_val,EAX          ; Adatterületre írása
            CALL WriteDec           ; Konzolra írás
            INVOKE ExitProcess,0
_Main ENDP

Sum PROC NEAR           ; Közeli hívás, 4 bájtos visszatérési cím
            PUSH EBP                ; EBP mentése ...
            MOV  EBP,ESP            ; ... és beállítása
            MOV  EAX,[EBP+8]        ; a_val értéke
            ADD  EAX,[EBP+12]       ; b_val hozzáadása

            MOV  [EBP+16],EAX       ; eredmény eltárolása

            MOV  ESP,EBP            ; Regiszterértékek ...
            POP  EBP                ; ... visszaállítása
            RET                     ; Hívó fél takarít majd!
Sum ENDP
END _Main
```

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

int sum( int, int ); /* prototipus */

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    c_val = sum( a_val, b_val );

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}

int sum( int a, int b )
{
    AX = a + b;
    return AX;
}
```

Eljáráshívási konvenciók

- **Célszerű egységesen kezelni**
  - Különösen publikus DLL-ek, lib-ek készítésekor!
- **Kérdések**
  - Regiszterekben vagy vermen keresztül?
  - Ki takarítsa ki a vermet?
    - *Hívó* vagy *hívott*?
- **32-bites MASM assemblernek jelezhetjük a forráskódban**
  - `.model` direktívával, pl.:

```
.model flat, stdcall
```

Eljáráshívási konvenciók

- **`cdecl`**
  - C programozási nyelv elvét követi
  - A **hívó** a verembe teszi a paramétereket
    - Fordított sorrendben (hátulról előre)
  - Visszatérés után a **hívó takarít**
  - Így valósító meg hatékonyan változó számú paraméterlista használata (ld. C nyelv, **`printf()`**)

```
f(x,y);
```

```
push  y
push  x
call  f
```

Eljáráshívási konvenciók

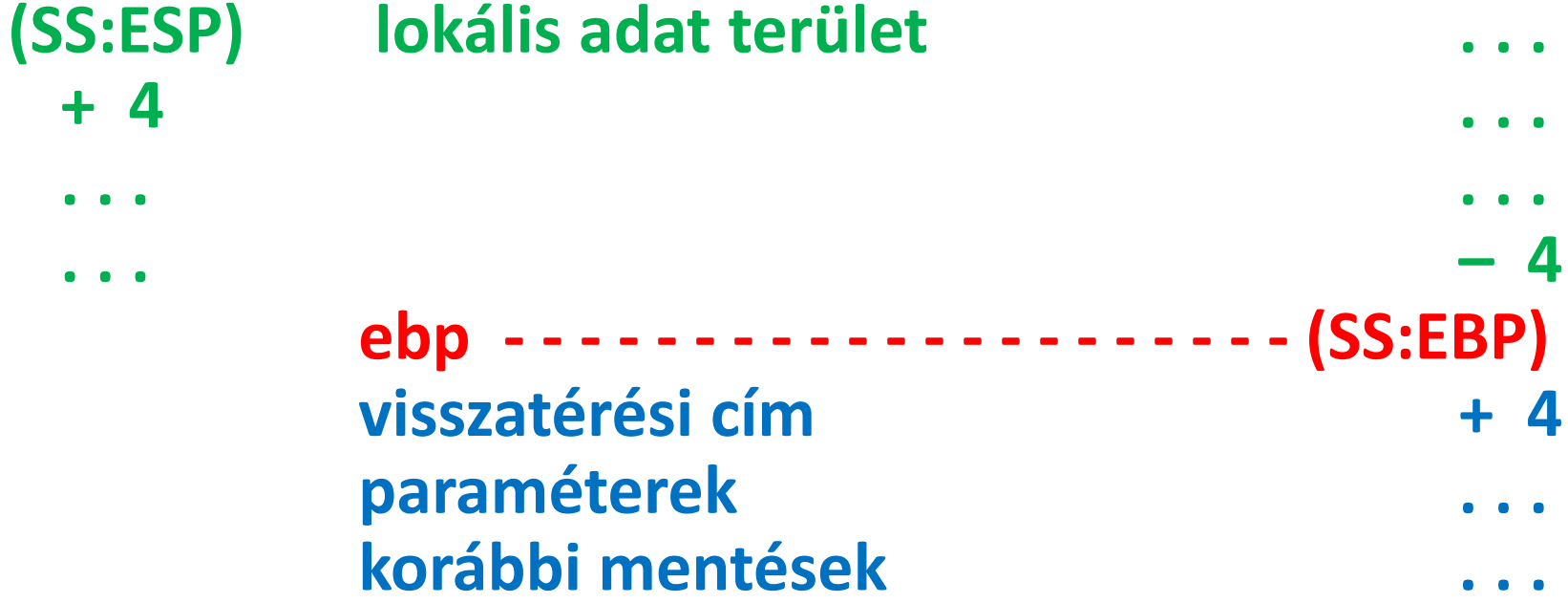
- **`stdcall`**
  - Win32 rendszerhívások ezt a konvenciót használják
  - A **hívó** a verembe teszi a paramétereket
  - A **hívott fél** takarítja a vermet
- **`fastcall`**
  - x64 esetén alapértelmezett
  - Az első hat paraméter regisztereken keresztül
    - **`RDI`**, **`RSI`**, **`RDX`**, **`RCX`**, **`R8`**, **`R9`**
  - A többi a vermen keresztül, ha van
  - Lebegőpontos paraméterek száma
    - **`RAX`** regiszterben

Lokális adat terület

- Ha egy eljárás működéséhez ***lokális* adatterületre, munkaterületre** van szükség, és a működés befejeztével a munkaterület tartalma felesleges, akkor a munkaterületet célszerűen a **veremben** alakíthatjuk ki.
- A munkaterület **lefoglalásának ajánlott módja**

```
. . .     proc        . . .
  PUSH        BP                ; BP értékének mentése
  MOV BP,SP           ; BP ⇐ SP,
                                ; a stack relatív címzéshez
  SUB SP,n            ; n byte-os munkaterület lefoglalása
      . . .                     ; további regiszter mentések
```

Lokális adat terület (**NEAR** eljárás esetén)



A munkaterület negatív eltolási érték mellett verem relatív címzéssel érhető el. (A veremben átadott paraméterek ugyancsak verem relatív címzéssel, de pozitív eltolási érték mellett érhetők el.)

- A munkaterület felszabadítása visszatéréskor a

```
. . .                   ; visszaállítások
MOV       ESP,EBP       ; a munkaterület felszabadítása
POP       EBP           ; BP értékének visszaállítása
ret                     ; visszatérés
```

utasításokkal történhet.

Két egész érték összeadása függvénnyel, lokális változóval

- C programozási nyelven, érték szerinti átadás

```c
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

int sum( int a, int b )
{
    int temp;
    temp = a + b;
    return temp;
}

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    c_val = sum( a_val, b_val );      /* Változók értékének átadása */

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}
```

- **`temp`** változó használata felesleges a **`sum()`** függvényben
  - Lehetne egyszerűen **`return a + b;`** a függvény törzse
- Nem kell foglalkoznunk a paraméterátadás módjával!

```
TITLE Érték szerinti paraméterátadás (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc
.data
    a_val               DD                  5   ; 32-bites egészek
    b_val               DD                  7
    c_val               DD                  ?
.code
_Main PROC
            PUSH 0                  ; Helyfoglalás a függvény eredményének
            MOV  EAX,b_val          ; Paraméterek a verembe ...
            PUSH EAX                ; ... érték szerint ...
            MOV  EAX,a_val          ; ... fordított sorrendben
            PUSH EAX
            CALL Sum                ; Függvényhívás
            ADD  ESP,8  ; Paraméterek takarítása a veremből
            POP  EAX                ; Eredmény kiolvasása
            MOV  c_val,EAX          ; Adatterületre írása
            CALL WriteDec           ; Konzolra írás
            INVOKE ExitProcess,0
_Main ENDP
Sum PROC NEAR           ; Közeli hívás, 4 bájtos visszatérési cím
            PUSH EBP                ; EBP mentése ...
            MOV  EBP,ESP            ; ... és beállítása
            SUB  ESP,4              ; Helyfoglalás 1 32-bites lokális változónak
            MOV  EAX,[EBP+8]    ; a_val értéke
            ADD  EAX,[EBP+12]       ; b_val hozzáadása
            MOV  [EBP-4],EAX        ; eredmény lokális változóba

            MOV  EAX,[EBP-4]        ; eredmény visszaadása
            MOV  [EBP+16],EAX       ; eredmény eltárolása

            MOV  ESP,EBP            ; Regiszterértékek ...
            POP  EBP                ; ... visszaállítása
            RET                     ; Hívó fél takarít majd!
Sum ENDP
END _Main
```

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

int sum( int, int ); /* prototipus */

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    c_val = sum( a_val, b_val );

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}

int sum( int a, int b )
{
    int temp;
    temp = a + b;
    return temp;
}
```

Jól látható, hogy a lokális változóra itt nincs szükség, dolgozhattunk volna közvetlenül az [EBP+16] címmel.

A C függvényhívás mechanizmusának bemutatása miatt maradt benne.

Otthoni átnézésre

Két egész érték összeadása függvénnyel

- C programozási nyelven, cím szerinti átadás

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

void sum( int *a, int *b, int *c )
{
    (*c) = (*a) + (*b); /* c_val közvetlenül kap értéket címén keresztül! */
}

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    sum( &a_val, &b_val, &c_val );      /* Változók címének átadása */

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}
```

Otthoni átnézésre

```
TITLE Cím szerinti paraméterátadás (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc

.data
    a_val               DD                  5   ; 32-bites egészek
    b_val               DD                  7
    c_val               DD                  ?

.code
_Main PROC
            MOV  EBX,OFFSET c_val    ; Paraméterek a verembe ...
            PUSH EBX
            MOV  EAX,OFFSET b_val    ; ... cím szerint ...
            PUSH EAX
            MOV  EAX,OFFSET a_val    ; ... fordított sorrendben
            PUSH EAX
            CALL Sum                 ; Függvényhívás
            ADD  ESP,12              ; Paraméterek takarítása a veremből
            MOV  EAX,c_val           ; Eredmény beolvasása ...
            CALL WriteDec            ; ... és konzolra írása
            INVOKE ExitProcess,0
_Main ENDP

Sum PROC NEAR           ; Közeli hívás, 4 bájtos visszatérési cím
            PUSH EBP                 ; EBP mentése ...
            MOV  EBP,ESP             ; ... és beállítása
            MOV  EBX,[EBP+8]         ; a_val címe
            MOV  EAX,[EBX]           ; a_val beolvasása
            MOV  EBX,[EBP+12]        ; b_val címe
            MOV  EBX,[EBP+16]        ; c_val címe
            MOV  [EBX],EAX      ; eredmény eltárolása
            MOV  ESP,EBP
            POP  EBP
            RET                      ; Hívó fél takarít majd!
Sum ENDP
END _Main
```

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

void sum( int *, int *, int * );

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    sum( &a_val, &b_val, &c_val );

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}

void sum( int *a, int *b, int *c )
{
    (*c) = (*a) + (*b);
}
```

A lokális változót itt nem hoztuk létre, közvetlenül `c_val` kap értéket.

A függvényben lehetőségünk lenne az `a_val` és `b_val` értékek megváltoztatására is, ha a függvény működése megkívánná.

PROTO, PROC, INVOKE

- **Paraméterátadás egyszerűsített szintaktikája**
  - A veremkezelő kódot nem mi írjuk, a fordítóprogram generálja!
  - Paramétertípusok megadása és ellenőrzése!
- **`PROTO`**
  - Eljárás nevének, paraméterei típusának megadása
  - Az eljárás hívása előtt derüljön ki (definíció vagy deklaráció)
- **`PROC`**
  - Megadható, hogy
    - mely regiszterek tartalma kerüljön mentésre és visszaállításra (**`USES`**);
    - eljárás milyen típusú paramétereket vár, milyen sorrendben;
    - paraméterekhez szimbólumnevek társíthatók (**`EBP`**-relatív címzés helyett).
- **`INVOKE`**
  - Paraméterek verembe helyezése
    - **`C`** és **`stdcall`** típus esetén jobbról balra haladva!
  - Paraméter típusok ellenőrzése / konverziója
    - Nem kompatibilis típusok esetén fordítási hiba!
  - Verem takarítása eljárás végén

Két egész érték összeadása függvénnyel

Otthoni átnézésre

- C programozási nyelven, érték és cím szerinti átadás vegyesen

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

void sum( int a_value, int b_value, int *c_offset )
{
    (*c_offset) = a_value + b_value; /* c_val közvetlenül kap értéket címén keresztül! */
}

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    sum( a_val, b_val, &c_val );     /* Változók értéknek és c_val címének átadása */

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}
```

Otthoni átnézésre

```
TITLE Érték és cím szerinti paraméterátadás (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc

.data
    a_val               DD                  5   ; 32-bites egészek
    b_val               DD                  7
    c_val               DD                  ?

.code
_Main PROC
            MOV  EBX,OFFSET c_val    ; Eredmény címe ...
            PUSH EBX                         ; ... verembe
            MOV  EAX,b_val                   ; Paraméterek a verembe ...
            PUSH EAX                         ; ... érték szerint ...
            MOV  EAX,a_val                   ; ... fordított sorrendben
            PUSH EAX
            CALL Sum                         ; Függvényhívás
            ADD  ESP,12                      ; Paraméterek takarítása a veremb
            MOV  EAX,c_val                   ; Eredmény beolvasása ...
            CALL WriteDec                    ; ... és konzolra írása
            INVOKE ExitProcess,0
_Main ENDP

Sum PROC NEAR           ; Közeli hívás, 4 bájtos visszatérési cím
            PUSH EBP                ; EBP mentése ...
            MOV  EBP,ESP            ; ... és beállítása
            MOV  EAX,[EBP+8]        ; a_val értéke
            ADD  EAX,[EBP+12]       ; b_val hozzáadva
            MOV  EBX,[EBP+16]       ; c_val címe
            MOV  [EBX],EAX          ; eredmény paraméterként kapott címre
            MOV  ESP,EBP
            POP  EBP
            RET                     ; Hívó fél takarít majd!
Sum ENDP
END _Main
```

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

void sum( int, int, int * );

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    sum( a_val, b_val, &c_val );

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}

void sum( int a_value, int b_value,
 int *c_offset )
{
    (*c_offset) = a_value + b_value;
}
```

A lokális változót itt nem hoztuk létre, közvetlenül `c_val` kap értéket.

Otthoni átnézésre

```
TITLE Érték és cím szerinti paraméterátadás + INVOKE (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc

Sum PROTO NEAR C, a_value:DWORD, b_value:DWORD, c_offset:NEAR PTR DWORD;

.data
    a_val               DD                  5   ; 32-bites egészek
    b_val               DD                  7
    c_val               DD                  ?
.code
_Main PROC
            ; MOV  EBX,OFFSET c_val ; Eredmény címe ...
            ; PUSH EBX              ; ... verembe
            ; MOV  EAX,b_val        ; Paraméterek a verembe ...
            ; PUSH EAX              ; ... érték szerint ...
            ; MOV  EAX,a_val        ; ... fordított sorrendben
            ; PUSH EAX
            ; CALL Sum              ; Függvényhívás
            INVOKE Sum, a_val, b_val, offset c_val
            ADD  ESP,12             ; Paraméterek takarítása a veremből
            MOV  EAX,c_val          ; Eredmény beolvasása ...
            CALL WriteDec           ; ... és konzolra írása
            INVOKE ExitProcess,0    ; Kilépés
_Main ENDP
Sum PROC NEAR C USES EAX EBX, a_value:DWORD, b_value:DWORD, c_offset:NEAR PTR DWORD
            ; PUSH EBP              ; EBP mentése ...
            ; MOV  EBP,ESP          ; ... és beállítása
            MOV  EAX,a_value        ; a_val értéke
            ADD  EAX,b_value        ; b_val hozzáadva
            MOV  EBX,c_offset       ; c_val címe
            MOV  [EBX],EAX          ; eredmény paraméterként kapott címre
            ; MOV  ESP,EBP
            ; POP  EBP
            RET                     ; Hívó fél takarít majd!
Sum ENDP
END _Main
```

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val, c_val;

void sum( int, int, int * );

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    sum( a_val, b_val, &c_val );

    printf( "Osszeg: %d\n", c_val );

    return 0;
}

void sum( int a_value, int b_value,
 int *c_offset )
{
    (*c_offset) = a_value + b_value;
}
```

PROTO, PROC és INVOKE elintézi a paraméterátadás részleteit! Ezek használatával a fordító generálja le a szükséges kódrészeket!

Cím átadása esetén a címzésről nekünk kell gondoskodni!
MOV [c_offset],EAX hibás!

EAX és EBX mentésre és visszaállításra kerül.

LOCAL

- **Lokális változók használatához**
  - **`PROC`** direktíva után közvetlenül adhatók meg
  - Név és típus rendelhető hozzájuk
    - Ezek használatát a fordító ellenőrzi
  - Veremkezelő kód írása elkerülhető
    - Vagyis nem kell
      - **`SUB ESP,4`**
      - **`[EBP-4]`** címzés
      - takarítás a végén

```
TITLE Értékek megcserélése + lokális változó + INVOKE (32 bites)
INCLUDE Irvine32.inc

Swap PROTO NEAR C, a_offset:NEAR PTR DWORD, b_offset:NEAR PTR DWORD

.data
    a_val               DD                      5   ; 32-bites egészek
    b_val               DD                      7
.code
_Main PROC
            INVOKE Swap, offset a_val, offset b_val
            ADD    ESP,8              ; Paraméterek takarítása a veremből
            MOV    EAX,a_val          ; Eredmény beolvasása
            CALL   WriteDec           ; Eredmény kiírása
            CALL   CrLf
            MOV    EAX,b_val
            CALL   WriteDec
            INVOKE ExitProcess,0
_MAIN ENDP

Swap PROC NEAR C, a_offset:NEAR PTR DWORD, b_offset:NEAR PTR DWORD
            LOCAL  Temp:DWORD       ; Lokális változó
                                      ; SUB ESP,4 és [EBP-4] címzés helyett
            MOV    ESI,a_offset     ; Címzés előkészítése
            MOV    EDI,b_offset
            MOV    EAX,[ESI]        ; Temp = a_val
            MOV    Temp,EAX
            MOV    EAX,[EDI]        ; a_val = b_val
            MOV    [ESI],EAX
            MOV    EAX,Temp         ; b_val = Temp
            MOV    [EDI],EAX

            RET
Swap ENDP
END _MAIN
```

```
#include <stdio.h>

int a_val, b_val;

void swap( int *, int * );

int main( int argc , char **argv )
{
    a_val = 5;
    b_val = 7;
    swap( &a_val, &b_val );

    printf( "Csere: %d %d\n", a_val,
b_val );

    return 0;
}

void swap( int *a_offset, int
*b_offset )
{
    int Temp;
    Temp = (*a_offset);
    (*a_offset) = (*b_offset);
    (*b_offset) = Temp;
}
```

A lokális változót a **LOCAL** direktívával készíthetünk a veremben.
Így nem kell a **SUB ESP,4** előkészítés, az **[EBP-4]** címzés, valamint a felszabadítás a végén.
Ezeket a fordító generálja helyettünk!
Megjegyzés: Temp változóra itt nincs igazán szükség, Assembly nyelven regiszterben megoldható lenne a csere.

Rekurzív és re-entráns eljárások

- **Rekurzív**
  - Ha önmagát hívja közvetlenül, vagy más eljárásokon keresztül
- **Re-entráns**
  - Ha többszöri belépést tesz lehetővé, ami azt jelenti, hogy az eljárás még nem fejeződött be, amikor újra hívható
    - A rekurzív is egyfajta re-entráns
    - A re-entráns nem feltétlenül rekurzív!

Re-entráns eljárások

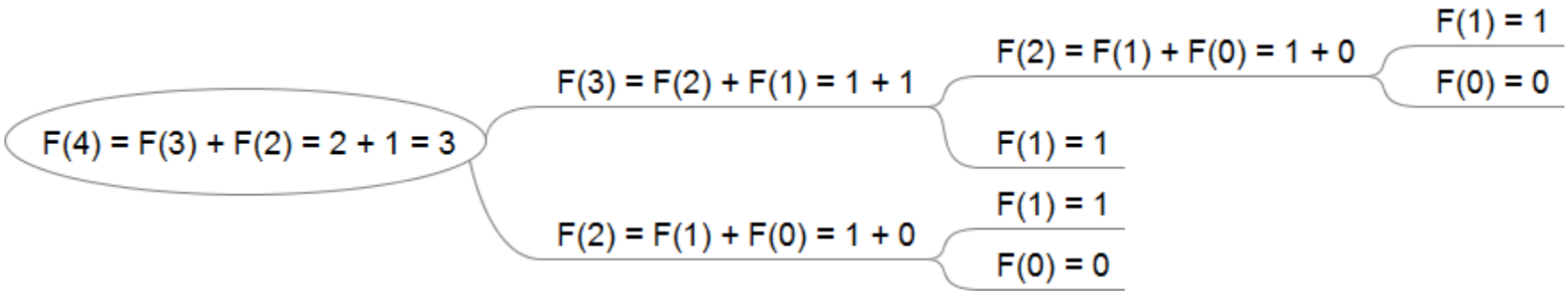
- A rekurzív eljárással szemben a különbség az, hogy a **rekurzív eljárásban „programozott”**, hogy mikor történik az eljárás újra hívása, **re-entráns eljárás** esetén az újra **hívás ideje „kiszámíthatatlan”**
  - Példák
    - Többfeladatos operációs rendszerek esetén „párhuzamosan” futó alkalmazások hívhatják ugyanazt a rendszerfüggvényt.
    - Egy eljárást meghívhat a programunk és egy általunk kezelt megszakítási rutin is.
      - A programból meghívott eljárás futása bármikor megszakítódhat és a megszakítási rutin meghívhatja újra.
  - Emiatt az eljárás minden változóját minden híváskor lokálisan célszerű létrehozni, a munkaterületek keveredésének elkerülése érdekében!

Re-entráns eljárások

- **Munkaterületek összekeveredése ellen**
  - Ne legyen önmódosító a program
  - Minden regiszter értéket menteni és visszaállítani kell
  - A paramétereket a vermen keresztül célszerű fogadni és visszaadni
  - A lokális változókat a vermen célszerű létrehozni
  - Processzusok között megosztott kód esetén a processzusok egymástól független, önálló verem szegmenssel rendelkeznek

Példa rekurzióra

- **Fibonacci sorozat**
  - **Rekurzív definíció**
    - `F(0) = 0`
    - `F(1) = 1`
    - `F(n) = F(n-1) + F(n-2)`
  - **Első néhány eleme**
    - 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6765, 10946, 17711, 28657, 46368



Win32 változat

```
TITLE Fibonacci number
INCLUDE Irvine32.inc

.data
input   DB      "Which Fibonacci-number do you want to compute: ", 0
error   DB      "A positive integer should be specified!", 0
info    DB      "Requested Fibonacci-number: ", 0
text    DB      "Result: ", 0

.code
MAIN PROC
ELOLROL:
        ; egész szám beolvasása EAX regiszterbe
        MOV EDX,OFFSET input
        CALL WriteString                ; Szöveg szám bekéréséhez
        CALL ReadInt                    ; Szám beolvasása billentyűzetről

        ; ellenőrzés
        CMP EAX,0
        JG COMPUTE
        ; hibaüzenet, újrakezdés
        MOV EDX,OFFSET error
        CALL WriteString                ; Hibaüzenet a konzolra
        CALL CrLf                       ; Soremelés
        JMP ELOLROL
```

Kiegészítő anyag, számonkérésre nem kerül!

```
COMPUTE:
        ; info szöveg kiírása
        MOV EDX,OFFSET info
        CALL WriteString
        CALL WriteDec                   ; Beolvasott szám kiírása
        CALL CrLf

        ; rekurzív eljárás meghívása
        CALL FIBO
        ; eredmény EAX-be
        MOV EAX,EDX

        ; eredménykiírás
        MOV EDX,OFFSET text
        CALL WriteString
        CALL WriteDec                   ; Eredmény mint decimális szám
        CALL CrLf

        ;; kilépés
        CALL WaitMsg                    ; Billentyűlenyomásig vár
        exit
MAIN ENDP
```

Win32 változat

```
FIBO PROC NEAR ; Bemenet EAX-ben, eredmény EDX-ben
        CMP EAX,0
        JNE TOVABB1
        MOV EDX,0          ; F(0) = 0
        JMP KILEP
TOVABB1:
        CMP EAX,1
        JNE TOVABB2
        MOV EDX,1          ; F(1) = 1
        JMP KILEP
TOVABB2:
        PUSH EAX           ; n értékének mentése
        SUB EAX,1          ; n-1
        CALL FIBO          ; F(n-1) számítása
V1:     POP EAX            ; n elővétele veremből
        PUSH EDX           ; F(n-1) részeredmény verembe
        SUB EAX,2          ; n-2
        CALL FIBO          ; F(n-2) számítása
V2:     POP EAX            ; F(n-1) részeredmény elővétele
        ADD EDX,EAX        ; F(n) = F(n-1) + F(n-2)
KILEP:
        RET                ; Eredmény EDX regiszterben
FIBO ENDP
END MAIN
```

Kiegészítő anyag, számonkérésre nem kerül!

Fibonacci sorozat

- **Feladat**
  - Verem tartalmának követése különböző `F(n)` értékek számításakor