Kitlei Róbert

Assembly programozás

Lektorálta: Dévai Gergely

ELTE, 2007

Tartalomjegyzék

Bevezető....3
Alapvető adatelemek....4
- Logikai értékek....4
- Előjel nélküli egész számok....4
- Előjeles egész számok....5
- Törtszámok....5
- Karakterek, stringek....6
- Feladatok....7

Az architektúra alapjai....8
- A memória szervezése....8
- A regiszterek....10
- Az utasítások szerkezete....10
  - Konstansok....11
- A memória címzése....11
- Adatmozgatás....12
- Logikai utasítások....12
- Bitléptető és bitforgató utasítások....12
- Aritmetikai utasítások....13
- Vezérlésátadás....13

Programozási konstrukciók megvalósítása....14
- Változók deklarációja, definíciója....14
- Értékadás....14
- Goto....14
- Kifejezések....15
- Szekvencia....16
- Elágazás....16
- Rövidzáras operátorok....17
- Elöltesztelős ciklus....18
- Hátultesztelős ciklus....19
- Rögzített lépésszámú ciklus....20
- Leszámláló ciklus....21
- Feladatok....22

A futási idejű verem szerepe: rekurzív alprogramhívások megvalósítása....25
- A futási idejű verem használata....25
- Konkrét példa a futási idejű verem használatára: a faktorialis(2) hívás megvalósítása....26
- Konkrét példa a futási idejű verem használatára: a faktorialis függvény kódja....26
- A veremkeret általános szerkezete....26

Parancssori paraméterátadás....27
A rendszerszolgáltatások elérése: fájlkezelés....28
- Feladatok....29

Makrók....31
- Egysoros makrók....31
- Többsoros makrók....33
- Feltételes fordítás makrókkal....35
- Feladatok....37

A program fordításának menete....39
A gépi kód szerkezetéről....40
- CISC-elvű architektúrák....41
- RISC architektúrák....41
- Listafájl....42

Hibakeresés a programban....43
Gyakran előforduló hibák....45
A feladatok megoldásai....49
- Értékek ábrázolása....49
- Utasítások....50
- Parancssori paraméterátadás, rendszerszolgáltatások....57
- Makrók....60

Irodalom....62

Bevezető

Az **assembly** olyan nyelvek gyűjtőneve, amelyek segítségével számítógépes programok alacsony szintű, közvetlenül a processzor által értelmezhető működése írható le emberek számára olvasható, szöveges formában. Az egyes számítógép-architektúrákon[1] található assembly nyelvek nagymértékben különböznek, mivel az architektúrák hardveres felépítése is eltérő. A számítógép-családok általában az architektúra minden előírását megtartják a későbbi modellekben is – azaz visszafele kompatibilisek –, emiatt a korábbi modellekre írt programok változtatás nélkül futtathatóak a későbbieken is.

A munkafüzet főleg az **x86 architektúra** assembly nyelvével foglalkozik, azon belül is a 32 bites szervezésű processzorokéval (ezt szokták IA-32 vagy x86-32 architektúrának is nevezni). Az architektúrába tartozó legismertebb gépek a 8086, a 80386 (rövidebben 386-os) és a Pentium. Napjainkban az architektúrába tartozó processzorok két legnépszerűbb gyártója az AMD és az Intel. A gépek elterjedtsége miatt a munkafüzetben leírtak könnyen kipróbálhatóak a gyakorlatban is.

Bizonyos esetekben elkerülhetetlen, hogy az assembly programozás során igénybe vegyük az **operációs rendszer** szolgáltatásait. Assembly szintről ezek eltérően kezelendőek, ezért itt is választanunk kell. A munkafüzet a **Linux** rendszerek néhány fontos szolgáltatását írja le. Ez a választás abból a szempontból nem elsőrendű, hogy az architektúra határozza meg az assembly nyelv jellegét, azonban ha azt szeretnénk, hogy működjenek is a programjaink, például tudjunk a képernyőre írni, ismernünk kell ennek is a módját, ez pedig az operációs rendszeren múlik.

Ha eldöntöttük, melyik **platformra** (architektúrára, azon belül pedig operációs rendszerre) szeretnénk programokat fejleszteni, ki kell választanunk, melyik **assemblerrel** és **szerkesztőprogrammal** (**linkerrel**) dolgozzunk. Az assembler az a program, ami az assembly nyelvű forráskódot egy közbülső formátumra, **tárgykódra** fordítja, a szerkesztő pedig egy vagy több tárgykódból előállítja a gép által közvetlenül értelmezhető **futtatható állományt**. A legtöbb platformon több assembler és linker is elérhető. A munkafüzetben részletesen a **nasm** assemblerrel és a **gcc** szerkesztőprogrammal fogunk foglalkozni. A nasm fontos tulajdonságai, hogy a benne írt forráskód szintaxisa könnyen olvasható, az assembler maga pedig ingyenesen elérhető több platformra is. A gcc-t mint szerkesztőprogramot szintén elterjedtsége miatt választottuk.

A munkafüzet célja az assembly általános jellegének áttekintése egy adott assembly nyelv és környezet segítségével. Ennek érdekében a munkafüzet sok egyszerűsítést tartalmaz: az architektúra számos elemét, amelyeket a munkafüzetben vázolt alapelevek alapján immár könnyű megérteni, nem mutatjuk be. Szintén kihagyjuk az architektúra specifikus elemeit, amelyek rendszerprogramozás során szükségesek. A részletek megtalálhatóak a megfelelő dokumentációs anyagokban, amelyekhez a hivatkozást lásd a munkafüzet végén.

1 számítógép-architektúra: a számítógéppel szemben támasztott hardveres követelmények leírása, kiemelten a processzor belső struktúrájának, ezen keresztül annak programozásának alapvetése. Az azonos architektúrával rendelkező számítógépeket számítógép-családoknak nevezzük.

Alapvető adatelemek

A számítógépek adatábrázolásának alapeleme a bit. Ez egy olyan tároló, amely egy adott időpillanatban két lehetséges állapot közül az egyiket veszi fel: nullát vagy egyet tartalmaz, köznapi szóhasználatban *„le van kapcsolva”* és *„fel van kapcsolva”*. Minden adatot bitekkel reprezentálunk; a következőkben áttekintjük, hogy milyen adatokat szoktak ábrázolni biteken, illetve hogyan értelmezendőek ezek az adatok, ha csak az ábrázolt alakjukkal találkozunk. Mivel a hardver szintjén csak maguk a bitek léteznek, a programozó felelőssége, hogy pontosan tudja a program minden pontján, melyik bit és bitcsoport milyen adatot ábrázol, illetve melyik adatszerkezet része.

Logikai értékek

Egy bitnek két állása van, ezért nagyon könnyen lehet egy biten egy logikai értéket ábrázolni. A konvenciók szerint a 0 a hamis, az 1 az igaz; a szóhasználatban ezeket egymással felcserélhetően használják, pl. *„0 vagy 1 értéke igaz”* ahelyett, hogy *„hamis vagy igaz értéke igaz”* .

A logikai értékekkel különböző műveleteket lehet végezni, amelyeket táblázatos alakban szoktak megadni. A műveleteket általában nem egyes bitekre alkalmazzák, hanem bitvektorokra, pozíciónként.

not	0	1
	1	0

and	0	1
0	0	0
1	0	1

or	0	1
0	0	1
1	1	1

xor	0	1
0	0	1
1	1	0

Példa

```
not 1101 0101
    0010 1010

    1010 0010
and 0111 1101
    0010 0000

   0011 1000
or 1001 0001
   1011 1001

    0100 1001
xor 1111 0110
    1011 1111
```

Előjel nélküli egész számok

bitek állása	***0***	***1***	***1***	***0***	***0***	***0***	***1***	***0***
a bit sorszáma	7	6	5	4	3	2	1	0
a bit helyi értéke	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0

A számok bitjeit a legkisebb helyi értéket ábrázoló bittől (a legalsó bittől) szokták a magasabb helyi értéket ábrázoló (felső) bitek felé, nullával kezdődően számozni. Ez azért logikus, mert így a pozíciót egy kettes alapú hatvány kitevőjeként értelmezve rögtön adódik a bit helyi értéke, azaz, hogy számként „mennyit ér” a bit.

A fenti nyolcbites szám értéke: $0 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^6 + 1 \cdot 2^5 + 0 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 = 01100010_2 = 98_{10}$.
Az alsó index a szám számrendszerét jelzi, ezt mindig tizes számrendszerben adjuk meg.

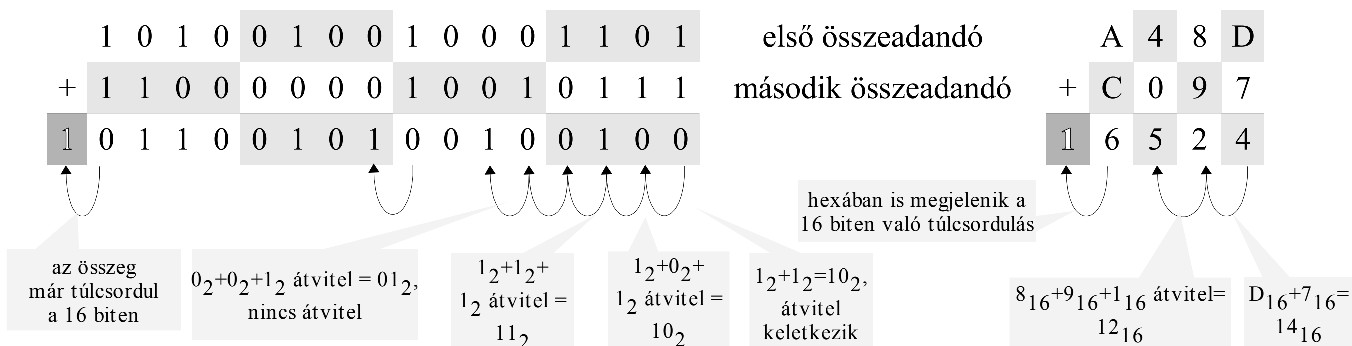
A kettes számrendszerbeli számokat szokták **bináris**nak, a tízes számrendszerbelieket **decimális**nak nevezni. Gyakran használatos még a tizenhatos, más néven **hexadecimális** (rövidítve **hexa**) számrendszer is, mert ezzel rövidebben le lehet írni a bináris számokat, és ha szükség van rá, kényelmesen oda-vissza lehet alakítani őket a két alak között. A hexadecimális számjegyek: 0-tól 9-ig mint a decimálisban, utána pedig a latin ábécé betűi: A, B, C, D, E, F (tízes számrendszerben az értékük sorra 10, 11, 12, 13, 14, 15). A könnyű egymásba alakíthatóság abból következik, hogy a bitek négyes csoportja pont egy hexadecimális számjegyet kódol.

0	0000	8	1000
1	0001	9	1001
2	0010	A	1010
3	0011	B	1011
4	0100	C	1100
5	0101	D	1101
6	0110	E	1110
7	0111	F	1111

Tízes számrendszerből kettesbe a következő algoritmussal konvertálhatunk. Írjuk le magát a számot. Osszuk el kettővel a számot. Az osztási maradékot írjuk a szám mellé, a hányados egészrészét pedig alá. Folytassuk az eljárást addig, amíg el nem jutunk nulláig.
Ekkor a bináris szám a kapott osztási maradékok sorozata *alulról felfelé olvasva*. Azért nem felülről lefelé, mert minden egyes osztás egy kettes szorzótényezővel bővíti az új bináris számjegyet, vagyis az n-edik sorban levő bináris számjegy a 2^n-es helyi értékhez tartozik. Azaz felülről lefelé a bitek sorszámai rendre 0, 1, 2, …, tehát fordítva, alulról felfelé olvasva kapjuk meg a számot. Jelen esetben $42_{10} = 101010_2$.

42	0
21	1
10	0
5	1
2	0
1	1

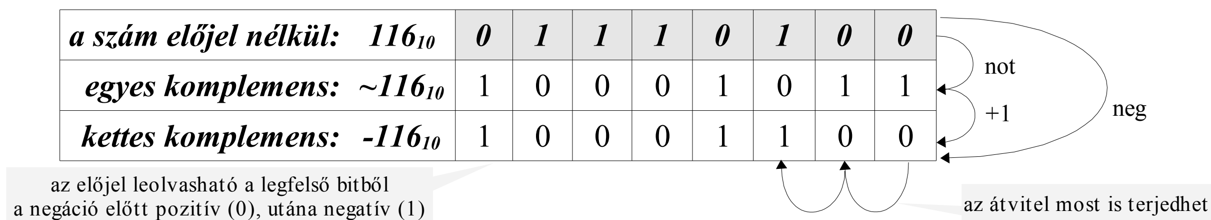
Bináris számokat összeadni a tízes számrendszerben megszokottakhoz hasonlóan lehet. Elindulunk az utolsó pozícióról, és összeadjuk az ott található két számjegyet. A két számjegy összege lesz a két szám összegének utolsó számjegye. Innen a következő pozícióra lépünk, és folytatjuk az összeadást, azonban innentől még egy számjegyet is hozzá kell adnunk az adott pozíción szereplőekhez. Ez az átvitel, ami 1, ha az előző összeadás túlcsordult, vagyis az eredménye már nem fért el egy számjegyben, különben pedig 0.



Előjeles egész számok

A nemnegatív számok alakja ebben az ábrázolásban megegyezik az előjel nélküli ábrázolás szerintivel. Az összes lehetséges ilyen szám közül most azonban csak azokat a számokat tekintjük érvényes pozitív számnak, amelyeknek a legfelső bitje nulla.

A negatív számokat a következőképpen kaphatjuk meg a pozitív számokból. Írjuk fel az előjel nélkül tekintett számot binárisan, alkalmazzuk rá bitenként a not műveletet, majd növeljük meg eggyel a kapott számot. Ennek a műveletnek **negáció** vagy **negálás** a neve. Az előjelet a legfelső bit mutatja. Ezzel az eljárással van egy olyan szám, amit nem kapunk meg egyetlen nemnegatív számból kiindulva sem: az egyes bittel kezdődő, onnan végig csupa nullát tartalmazó szám. Ennek az értéke eggyel kisebb, mint a fent leírt módon ábrázolható számok közül a legkisebb; n bites szám esetén az értéke pontosan 2^{n-1}.



a szám előjel nélkül: 116_{10}	***0***	***1***	***1***	***1***	***0***	***1***	***0***	***0***
egyes komplemens: $\sim116_{10}$	1	0	0	0	1	0	1	1
kettes komplemens: -116_{10}	1	0	0	0	1	1	0	0

Tekinthetjük úgy is, hogy az n biten ábrázolt számok a modulo 2^n maradékosztályokat adják ki: az előjel nélküliek a $0..2^n-1$ reprezentánsokkal, az előjelesek a $-2^{n-1}..2^{n-1}-1$ reprezentánsokkal.

Előjeles számok összeadását a nemnegatív számokhoz hasonlóan végezhetjük el. Kivonáshoz adjuk hozzá a számhoz az összeadandó negáltját.

Törtszámok

A törtszámok ábrázolását, amely általában ún. lebegőpontos formátumban történik, és az ezek kezelésére való utasításokat nem mutatjuk be részletesen a munkafüzetben. A lebegőpontos számok ábrázolását a numerikus analízis tárgyalja.

Karakterek, stringek

Minden egyéb adathoz hasonlóan a karaktereket is bitekkel kell kódolnunk. Először is rögzítenünk kell, milyen karaktereket szeretnénk ábrázolni: ez a **karakterkészlet**. Minden karakternek adunk egy sorszámot, ez a **karakter kódja**. Ahhoz, hogy különböző számítógépeken is ugyanazt a tartalmat kódolja ugyanaz a szöveg, meg kell állapodnunk a karakterek **kódolás**ában: melyik karaktert milyen bitsorozattal ábrázoljuk. Egyszerűbb a helyzetünk, ha minden karakter kódja azonos számú bitet tartalmaz (pl. nyolc bites ASCII, UCS-2), de helytakarékossági okokból lehet változó bithosszon is kódolni (pl. UTF-8). Minden esetben követelmény azonban, hogy az ábrázolt formából egyértelműen meg lehessen állapítani, mi a karakter kódja, abból pedig azt, hogy melyik karakterről van szó.

A számítástechnika korai éveiben nem volt szabványosítva, hogy a karaktereket hogyan kell kódolni, ezért a különböző architektúrájú gépek között nehéz volt adatcserét bonyolítani. Ezen sokat segített az 1967-ben megjelent ASCII kódolás, ami 7 bitben rögzítette a karakterkódok hosszát. Az ASCII karakterkészlete tartalmazza a számjegyeket, a latin kis- és nagybetűket, vezérlőkaraktereket, pl. sorvége, csengő, valamint különböző írásjeleket, pl. szóköz, pont, kérdőjel, aláhúzás. Később kiderült, hogy a felhasználóknak szüksége van a fentieken kívül a saját nyelvükben előforduló, a latintól eltérő karakterekre is, ezért többféleképpen kiegészítették 8 bitesre: az újonnan nyert pozíciókon az egyes régiók karakterei kerültek, pl. az ISO-8859-1 a nyugat-európai, az ISO-8859-2 a közép- és kelet-európai nyelvek (köztük a magyar) speciális karaktereit tartalmazza.

Ez jópár évig elégnek tűnt, azonban több probléma is adódott. Egyrészt ezek a karakterkódolások csak korlátozottan tették lehetővé, hogy többféle nyelvet lehessen egy dokumentumon belül használni. Amennyiben nem volt feltüntetve, melyik kódolást alkalmazza a dokumentum, téves választás esetén egyes karakterek helytelenül jelentek meg. További hiányossága volt ennek a rendszernek, hogy a lefedett nyelvek még mindig meglehetősen kevesen voltak: a távol-keleti nyelveket nem támogatta egyik kiterjesztés sem, ezekhez ismét más kódrendszerek születtek.

A jelenlegi legátfogóbb karakterkódolási szabvány az 1991 óta létező Unicode, illetve ISO/IEC 10646. A kettő számunkra nem számottevő különbségektől eltérően megegyezik: a karakterkészlet és a kódolás ugyanaz a két rendszerben. Ez a karakterkészlet arra törekszik, hogy a világ összes létező és volt karakterét ábrázolni lehessen vele, azonban fenntartja a kompatibilitást az ASCII ISO-8859-1-es kiterjesztésével is, melyet a Unicode teljesen tartalmaz. Az Unicode-hoz többfajta kódolás létezik: a legismertebb a változó kódhosszú UTF-8. Ennek megvan az az előnye, hogy ha olyan szöveget kódolunk el vele, amely csak legfeljebb 127-es kódú ASCII karaktereket tartalmaz, akkor a kapott szöveg megegyezik az ASCII kódolással kapott szöveggel. Jelenleg a szabvány 5.0-ás verziója a legfrissebb, és folyamatosan fejlesztik.

karakterkód		vezérlőkarakter	karakterkód		karakter
0	00	szöveg vége	32	20	szóköz
10	0A	új sor	48..57	30..39	0 .. 9
13	0D	kocsi vissza	65..90	41..5A	A .. Z[2]
			97..122	61..7A	a .. z

ASCII szövegekben a sorvégét Unix rendszereken **0xA**, Internetes protokollokban és Windows alatt **0xD 0xA** jelzi; a Unicode szabványban mindkettő, sőt, más kombinációk is jelezhetik a sor végét.

Szövegek kódolásánál a karakterek kódjai sorban következnek egymás után. Kétféle konvenció van arra nézve, meddig tart a szöveg: a „C konvenció” szerint az első 0 kódú karakterig, a „Pascal konvenció” szerint pedig a szöveg kezdete előtt el van tárolva a hossza is.

2 Egyéb kódolásokban (pl. az IBM nagygépeken használatos EBCDIC) nem garantált, hogy a karakterek kódjai hézagtalanul követik egymást.

Feladatok

1. Mekkora értékek tárolhatóak egy bitvektorban? Add meg általánosan is!

bitek száma	számrendszer	előjel nélkül		előjelesen	
		legkisebb érték	legnagyobb érték	legkisebb érték	legnagyobb érték
8	hexadecimális				
	decimális				
16	hexadecimális				
	decimális				
32	hexadecimális				
	decimális				
4 · n	hexadecimális				
	decimális				

2. Töltsd ki az üres cellákat a táblázatban!

bitek száma	bináris	decimális		hexadecimális
		előjel nélküli	előjeles	
8	1100 1111			
8				6B
8			-24	
16	1001 0110 0001 1110			
16				20 A5
16			-11 721	

3. Végezd el az alábbi műveleteket!

```
    1001 1101        0110 1110         0101 1010
and 1100 0111     or 1000 0000     xor 1111 0001
```

$0101\ 0110\ 1101\ 1101_2 + 1C\ E3_{16} = _____________2 = _______{10} = _______{16}$

$16\ 537_{10} - 0000\ 0011\ 1010\ 1100_2 = _____________2 = _______{10} = _______{16}$

$54\ 32_{16}\ \text{or}\ 38\ 529_{10} = _____________2 = _______{10} = _______{16}$

4. Írd le a saját nevedet ASCII kódolással!

5. Írd le a „Hello Vilag” szöveget ASCII kódolással!

Az architektúra alapjai

A memória szervezése

A memória bitekből épül fel, de a biteket nem tudjuk külön-külön elérni: a legkisebb egység a nyolc bit együtteséből felépülő *oktet*, amit általában **byte**-nak neveznek. A byte-ok sorban helyezkednek el a memóriában, mindegyik rendelkezik egy 32 bites sorszámmal, amit a byte **memóriacímének** nevezünk. Ez a **lineáris memóriamodell**; a hardver és az operációs rendszer elfedi előlünk a bonyolultabb **szegmentált modellt**.

A processzor és a memória közötti adatforgalom három fő vezetékköteg segítségével zajlik, amelyeket **síneknek** vagy **buszoknak** nevezünk. A memóriához való hozzáférés menete vázlatosan: a processzor először elküldi a **címsínen**, hányas sorszámú cím tartalmához fogunk hozzáférni, és a **vezérlősínen** (I/O buszon) a járulékos információkat, például az adatforgalom irányát[3] és az átvitelre váró adat méretét, ami lehet **byte**, **szó** (**word**, 2 byte) vagy **duplaszó** (**dword**, double word, 4 byte). Ezután maga az adatátvitel következik az **adatsínen**.

Mivel a vezetékek egyszerre csak egy bitnyi információt tudnak szállítani, és azt is csak egy irányban, a processzor kommunikációs képességeit behatárolja, hogy az egyes sínek hány vezetéket tartalmaznak. Az adatsín szélességét az architektúra **gépi szóhosszának** hívják. A processzoron belül, a regiszterekben tárolható adatok méretét **belső szóhossznak** nevezzük. Az x86 architektúrán belül a 32 bites szervezésű gépek gépi és belső szóhossza, valamint a címsín szélessége egyaránt 32 bit. Az architektúra korai tagjaiban a gépi szó még 16 bites volt, a „szó” ebből a történelmi okból maradt meg 386-ostól felfelé ekkorának. Tehát a 32 bites processzorokon *a gépi szó a duplaszó*, és ha tehetjük, akkor ekkora méretű adatokkal dolgozunk.[4]

Az architektúra egy, a programozó számára kevéssé intuitív tulajdonsága, hogy a byte-nál nagyobb méretű adatok byte-jait ún. **little endian** sorrendben tárolja. Ez azt jelenti, hogy a legkisebb helyi értékű byte kerül a legkisebb címre, az alulról következő byte a soron következő címre stb. Ez azt jelenti, hogy a szám leírt alakjához képest, ha a memóriát balról jobbra növekedő címeken képzeljük el, éppen fordított sorrendbe kerülnek az adatok. Más architektúrák éppen ellenkezőleg, **big endian** sorrendben írnak a memóriába (ekkor a helyi értékek csökkennek a címek növekedtével). Egyes architektúrákon átprogramozható futás közben, melyik módon működjenek.

Mivel a memóriacímek is csak számok, ezért a memóriában magában is el tudunk tárolni egy másik memóriacímet. Amikor egy 32 bites adatot nem pusztán számként, hanem memóriacímként értelmezünk, akkor az adatot **mutatónak** (**pointernek**) nevezzük, és ezek segítségével építhetőek fel láncolt adatszerkezetek.

Példa

	C15AEF4C	C15AEF4D	C15AEF4E	C15AEF4F		a byte memóriacíme
...	0101 0000	1110 1111	0101 1010	1100 0001	...	byte értéke (bináris)
	50	EF	5A	C1		byte értéke (hexa)

Little endian: a fenti C15AEF4C címen található duplaszó értéke nem 50EF5AC1, hanem C15AEF50.
Mutató: ha mutatóként értelmezzük a duplaszót, akkor az utána következő byte-ra mutat.

Az adatok az **adatszegmensben** helyezkednek el, aminek a kezdetét a **section .data** direktíva vezet be. Adatot úgy lehet elhelyezni, hogy először leírjuk, mekkora méretű adatokkal foglalkozunk, majd leírjuk magukat az adatokat vesszőkkel elválasztva. A lehetséges adatméretek: **db**, **dw** és **dd**, sorra byte, szó és duplaszó méretű adatokat jelentenek.

Az elhelyezett adatokat érdemes **címkével** is ellátni, mert ez megkönnyíti később a hozzáférést. A címkét a sorban csak szóközök és tabulátorok előzhetik meg; a címke neve tartalmazhat karaktereket, számjegyeket (számjeggyel nem kezdődhet) és pontot. A címke végére lehet egy kettőspontot tenni, de ez nem része a címke nevének. Amennyiben sok hasonló adatot szeretnénk elhelyezni, az adatméret jelzése elé írhatunk egy **times *mennyiség*** előtagot (a *mennyiség* egy konstans, pl. 15), ami a megadott mennyiséget helyez le az adatokból.

3 processzor → memória vagy memória → processzor
4 néhány éve megjelentek a legújabb, 64 bites processzorok is, amelyeken a gépi szó mérete 64 bit

Példa

```
        section .data

cimke   dd          1, 2, 0AF4B551Ch
        times 4 db  1               ; adat elhelyezése külön címke nélkül
        db          1, 1, 1, 1      ; hatása megegyezik az előző soréval: négy byte-nyi egyes
szoveg db "ASCII szoveg", 0xA, 0
```

A fentiek hatására az alábbi byte-ok keletkeznek. Aláhúzás jelöli az egy egységként definiált byte-okat.

```
01 00 00 00 02 00 00 00 1C 55 4B AF 01 01 01 01
01 01 01 01 41 53 43 49 49 20 73 7A 6F 76 65 67 0A 00
```

Sokszor előfordul, hogy tudjuk, szükségünk lesz valamekkora adatterületre, de annak tartalmát kezdetben még nem töltjük fel. Ezek számára az inicializálatlan adatszegmensben tarthatunk fenn helyet. Ennek a szegmensnek a kezdetét a **section .bss** direktíva jelzi. Itt nem helyezünk el adatokat, csak tárterületet tartunk fenn számukra: **resb *mennyiség***, **resw *mennyiség***, **resd *mennyiség*** leírásával jelezhetjük, hogy az aktuális pozíciótól kezdődően adott mennyiségű byte-ra (resw esetén kétszer, resd esetén négyszer annyira) lesz szükségünk. Itt szintén érdemes címkéket alkalmazni.
A programkód írása során az inicializált és inicializálatlan adatszegmensbe tartozó címkék használata nem különbözik. Lényeges különbség viszont, hogy a program futásának a kezdetén ezeknek a területeknek a tartalma nem ismert, és amíg nem töltöttük fel, ismeretlen értéket (társzemetet) tartalmaznak.

Példa

```
     section .bss

tomb       resb 1024     ; 1024 inicializálatlan byte lefoglalása, a kezdetének címkéje tomb
fajlleiro resd 1         ; a fajlleiro címkén 4 byte érhető el
```

A nasm címkéi kétfajták lehetnek. A **globális címkék** karakterrel kezdődnek. A **lokális címkék** ponttal kezdődnek, és a teljes alakjukat úgy kaphatjuk meg, ha hozzáfűzzük a lokális nevet az előtte utoljára definiált globális címke nevéhez. Ez azért hasznos, mert ugyanazt a nevet újra fel lehet használni: globális nevet általában az alprogramok belépési pontjai és az adatszerkezetek szoktak kapni, lokális nevet az alprogramokban előforduló vezérlési szerkezeteknek és az adatszerkezetek komponenseinek adunk. Amíg egy globális címke hatókörében vagyunk, az alatta definiált lokális címkére a lokális névvel lehet hivatkozni, azonban egy másik globális címke hatókörében ki kell írni a lokális címke teljes nevét – ámbár ha más globális címke alól szeretnénk a címkére hivatkozni, akkor érdemes megfontolni, hogy globális nevet adjunk neki.

Példa

```
globalisCimke
.lokalisCimke          ; teljes alakja: globalisCimke.lokalisCimke
```

Fontos: a memória nem „tud” arról, hogy mi hogyan szeretnénk értelmezni a tartalmát, nekünk kell arra ügyelnünk, hogy mindig megfelelően kezeljük azt. Ha pl. egy adatelem méretét dw adja meg, majd megpróbálunk belőle byte hosszan olvasni, akkor nem kapunk hibát, hanem sikeresen kiolvassuk az ott elhelyezkedő szó alsó felét (mivel a little endian tárolás miatt az kerül az első byte-ra).

A regiszterek

A legtöbbet használt adattárolók a **regiszterek**. Ezek a memória kiemelt szereppel rendelkező részei, melyek a memória többi részétől elkülönülnek mind fizikailag (a processzor belsejében helyezkednek el, és ezért nagyon gyorsan elérhetőek), mind kezelésüket tekintve.

<table>
<tr><td colspan="16"></td><td colspan="16">ax, bx, cx, dx, sp, bp, si, di</td></tr>
<tr><td colspan="16"></td><td colspan="8">ah, bh, ch, dh</td><td colspan="8">al, bl, cl, dl</td></tr>
<tr><td colspan="16">31. bit .... 16. bit</td><td colspan="8">15. bit .... 8. bit</td><td colspan="8">7. bit .... 0. bit</td></tr>
<tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr>
<tr><td colspan="32">eax, ebx, ecx, edx, esi, edi, esp, ebp</td></tr>
</table>

a regiszterek részeinek nevei

A programozás során nyolc **általános célú regisztert** használhatunk. Ezek 32 bitesek, neveik **eax**, **ebx**, **ecx**, **edx**, **esi**, **edi**, **esp** és **ebp**. Mindegyiknek elérhető külön regiszterként az alsó fele (a 15..0-adik bitekből álló részregiszter): **ax**, **bx**, **cx**, **dx**, **si**, **di**, **sp** és **bp**. Ezek közül az első négy regiszter felső (15..8-adik bit) és alsó fele (7..0-adik bit) is egy-egy névvel ellátott, 8 bites regiszter: **ah**, **al**, **bh**, **bl**, **ch**, **cl**, **dh**, **dl**[5]. A regiszterek közül leggyakrabban a 32 biteseket fogjuk használni, és esetenként, például karakteres adatok kezelésére, a 8 biteseket.

Van két olyan regiszter, amelyet nem lehet közvetlenül elérni, azonban a számítógép működéséhez elengedhetetlen a létük. Az **utasításmutató**, **eip** (*i*nstruction *p*ointer), azt mutatja, hogy melyik memóriacímről folytatódik a végrehajtás, vagyis a memória melyik címéről kell a processzornak felolvasnia a következő utasítás kódját. A tartalma automatikusan változik, általában a közvetlenül az előző végrehajtott utasítás utáni címre mutat, kivéve az ugró utasítások esetén, amikor az ugrás céljának címét kapja értékül.

A **jelzőbitek regisztere** (eflags) az utoljára elvégzett számításról, illetve a processzor aktuális állapotáról tárol információkat.[6] Bitjei közül az alábbiak változhatnak meg aritmetikai műveletek eredménye szerint.

Jel	Név		Mikor egy az értéke?
Z	zero	nulla	Az eredmény nulla.
C	carry	átvitel	Előjel nélküli (túl-/alul-)csordulás.
P	parity	paritás	Az eredmény páros.
S	sign	előjel	A szám negatív előjelesen.
O	overflow	túlcsordulás	Előjeles (túl-/alul-)csordulás.

Az utasítások szerkezete

Az **utasítások** a gép működésének elemi egységei: vezérlik a processzort, milyen műveletet végezzen az adatokkal, illetve melyik utasítással folytassa a végrehajtást. Felépítésüket tekintve egy **mnemoniknak** nevezett kulcsszóból és megfelelő számú, vesszővel elválasztott **operandusból** (paraméterből) állnak. Az operandusok számát a mnemonik után alsó indexben jelöljük az utasítások bemutatása során. Egy sorba legfeljebb egyetlen utasítás írható. Az utasítások a **kódszegmensben** találhatóak, ennek a kezdetét a **section .text** direktíva jelzi.

A kétoperandusú utasítások, ha az utasítás leírása nem mond mást, az általuk elvégzett művelet eredményét az első operandusban tárolják el, ezért arra **célként**, a második operandusra pedig **forrásként** fogunk hivatkozni. Az operandusok lehetséges kombinációi a munkafüzet végén levő táblázatban vannak összefoglalva. Két kivételtől (movsx, movzx) eltekintve teljesül továbbá minden ismertetett kétoperandusú utasításra, hogy *a két operandus hosszának meg kell egyeznie*: mindkettőnek vagy byte-osnak, vagy szavasnak, vagy duplaszavasnak kell lennie.

5 Az 'e' betű a regiszterek elején azt jelöli, hogy ezek a 16 bites regiszterek kiterjesztett (extended) változatai, mert a számítógépcsalád első gépein még csak a 16 bites regiszterek voltak megtalálhatóak. A 'h' és 'l' a „felső” és „alsó” (high és low) szavak rövidítései.
6 Egyes architektúrákon (pl. IBM 360) az utasításmutató regiszter is tartalmaz jelzőbiteket.

Konstansok

Szám konstans leírásakor el kell döntenünk, milyen számrendszerben ábrázoljuk.

- Ha **decimális** konstansról van szó, nem kell külön jelölést alkalmaznunk, csak leírjuk a számot: **157**.
- **Bináris** konstans esetén egy 'b' betűt írunk a szám végére: **001011101*b***.
- **Hexadecimális** konstansokat kétféleképpen tudunk írni.
  - A **'0x' prefix** után írjuk le a konstanst: ***0x*ABCDE**.
  - A konstans után **'h' posztfixet** illesztünk: **8CD*h***.
    - Ha a szám betűvel kezdődik, nulla prefixet kell írnunk a szám elé: ***0*F352h**.
      Enélkül ugyanis előfordulhat, hogy valamelyik regiszter, például ah nevével ütközik a leírt alak.

Karakterstring konstansokat aposztrófok (') vagy idézőjelek (") közé írhatunk. Ezek értéke megegyezik azzal a bináris számával, amit úgy kapunk, hogy a karakterek nyolc bites ASCII kódjait összefűzzük. Itt, a numerikus értékekkel ellentétben, nem számít, hogy little vagy big endian üzemmódú-e a számítógép, mindig abban a sorrendben tárolódnak a byte-ok, ahogy a stringben szerepelnek.

Lehetőség van arra, hogy a konstansokból kifejezéseket alkossunk, amelyeket a nasm assembler *fordítási időben*, 32 biten ábrázolva kiértékel. A következő operátorok állnak a rendelkezésünkre, csökkenő precedencia-sorrendben. *Fontos: ez csak konstansokra vonatkozik*; regisztereket és memóriatartalmakat tartalmazó kifejezéseket csak utasításokkal tudunk kiszámítani.

zárójelek	( )
bitenkénti negáció	~
negatív előjel	**-**
szorzás	*
összeadás, kivonás	+ -
bitenkénti eltolás	<< >>
bitenkénti és, vagy, kizáró vagy	& | ^

A konstans hosszának értelmezésében szerepe lehet annak is, hogy mi a másik paraméter: **mov eax, 4** ugyanazt jelenti, mint **mov eax, 0x00000004**, azaz eax teljes tartalmát átírja, a második bit 1 lesz, a többi 0.

Példa				Hibás	
mov ecx, 183	mov esi, 0x554C	mov eax, ebx + 5	mov dl, [adat] / 2
mov dl, 101101b	mov ah, 0Ah	mov cl, Eh	
mov al, 'a'	mov ax, 5 + 8 / 4		

A memória címzése

A memória tartalmának hozzáférésére sokféle módszer közül válogathatunk. Általánosan igaz mindegyiknél, hogy azt a címet, ahol az adatelem elkezdődik a memóriában, szögletes zárójelek közé írjuk; ezt az alakot **memóriatartalomnak** nevezzük. A memória-hozzáférésnél fontos, hogy meg kell adnunk azt is, milyen hosszúságú adattal dolgozunk, mert önmagában a cím csak azt mutatja meg, hol kezdődik a memóriában az adat. Ezt a **byte**, **word** vagy **dword** kulcsszavakkal lehet megadni. A legegyszerűbb címzési mód, ha ismerjük a konkrét memóriacímet, ahová írni szeretnénk, ekkor egyszerűen leírjuk szögletes zárójelek között, elé pedig az adat hosszát: **word [11101b]** vagy **dword [0x1234ABCD]**. Ha egy utasítás egyik operandusáról egyértelműen kiderül annak hossza a másik operandus alapján, a hosszinformáció elhagyható, *különben nem*.

Hibás

Nem egyértelmű a következő utasítás.	mov [1101011b], 18
A második operandusról nem derül ki, hogy byte, szó vagy duplaszó hosszan értelmezendő-e a 18 konstans.	
Meg kell adni az operandus hosszát.	mov [1101011b], **dword** 18
Az operandus hosszát megadhatjuk így is.	mov **dword** [1101011b], 18

Hibás

Egyoperandusú utasításnál nincs lehetőség ilyen rövidítésre.	inc [794h]	mul [0B11h]
Ekkor ki kell írni az operandus hosszát.	inc **dword** [794h]	mul **byte** [0B11h]

Általában nem ismerjük számszerűleg a memóriacímet, mert kézzel kiszámolni nehézkes lenne. Ennek megkönnyítésére lehetőség van a memória egyes pontjaihoz címkéket hozzárendelni. Címkét definiálni úgy lehet, hogy a forráskódban a sor elejére leírjuk a címke nevét. Ha a forráskód egy pontjain leírjuk a címke nevét, az ekvivalens azzal, mintha azt a memóriacímet írtuk volna le konstansként, ahol a címkét definiáltuk. Természetesen két különböző címke nem kaphatja ugyanazt a nevet.

A szögletes zárójelen belül az alább felsoroltak közül egy vagy több összetevő összege állhat.

- egy 32 bites regiszter
- egy skálázott (konstans szorzóval ellátott) 32 bites regiszter, a skálatényező 1, 2, 4 vagy 8 lehet
- egy 32 bites konstans[7]

Példa			Hibás		
	mov eax, [cimke]	mov al, [ebx+esi]	mov [1101011b], 18	inc [794h]	
	mov eax, [ebx]	mov eax, [edx+4*edi]	mov [eax-ecx], edx	mul [0B11h]	
	mov esi, [esi]	mov edx, [adat+8]	mov eax, [[esi+8]+4]	mov edi, [al]	
	mov eax, [ebp-4]				

Adatmozgatás

Alapvető igény, hogy adatokat mozgassunk. Ezt a **mov**$_2$ utasítással lehet elérni. Hatására a céloperandus felveszi a forrás értékét. Lehetőség van arra is, hogy kisebb méretű adat kiterjesztésével töltsünk fel regisztert vagy memóriatartalmat. Ezt tehetjük előjel nélkül: **movzx**$_2$ (ekkor nullákkal töltődik fel a bővebb felső rész), vagy előjelesen: **movsx**$_2$ (a kisebb méretű adat legfelső bitjének értékével töltődik fel a maradék). Végrehajtásuk után a cél értéke megegyezik a forrás értékével előjel nélkül, illetve előjelesen. Amennyiben meg akarjuk cserélni a forrást és a célt, az **xchg**$_2$ utasítást használhatjuk. Ennek az utasításnak egyik operandusa sem lehet konstans.

Logikai utasítások

A logikai utasítások: **not**$_1$, **and**$_2$, **or**$_2$, **xor**$_2$ (negáció, és, vagy, kizáró vagy) bitenként valósítják meg a fent leírt logikai műveleteket az operandusokon. Az and segítségével törölni (nullára állítani) lehet kiválasztott biteket: olyan konstanst kell második operandusnak adni, amely pontosan a törlendő pozíciókon tartalmaz nullát, a többin egyest. Az or-ral éppen fordítva, beállítani lehet biteket, ha a konstans beállítandó pozícióin egyest, a többin nullát tartalmaz. Az xor pedig megfordítja azokat a biteket, amelyek egyesre vannak állítva.

Regisztert úgy is törölhetünk, hogy **xor-oljuk a regisztert önmagával**. Ez pontosan azokat a biteket fordítja meg a regiszterben, amelyek be vannak állítva benne, vagyis az eredmény valóban nulla.

A **set**$_{\text{feltétel}1}$ utasítások egyetlen, *byte méretű* operandusukat 1-re állítják be, ha teljesül a megadott feltétel, 0-ra, ha nem. A feltételek lehetséges alakjait a feltételes ugrásoknál írjuk le részletesen; ezeknek az utasításoknak az alakja annyiban tér el a feltételes ugró utasításokétól, hogy 'j' helyett 'set' a mnemonik eleje.

Bitléptető és bitforgató utasítások

Ezek az utasítások (**sar**$_2$ és **shl**$_2$, **sal**$_2$, **shr**$_2$, **rol**$_2$, **ror**$_2$, **rcr**$_2$, **rcl**$_2$) kétoperandusúak, a második paraméterük konstans vagy a cl regiszter lehet. A működésük szerint a biteket léptetik annyi pozícióval, amennyit a második operandus megszab. A léptetés iránya a mnemonik utolsó betűjétől függ: ha 'l', felfelé (*l*eft, azaz balra), ha 'r', lefelé (*r*ight, jobbra). Ha az első betű 'r' (*r*otate), akkor forgatásról van szó, vagyis a regiszter végén túlcsorduló, kilépő bitek a másik oldalról jönnek be. Az sar utasítás esetén a legfelső bit értéke forgatódik be felülről, az összes többi léptető utasításnál 0 bitek lépnek be.

Kettőhatvánnyal való szorzást elvégezhetünk **léptető műveletek segítségével**: előjel nélküli szorzásra és osztásra az **shl** és **shr**, előjeles szorzásra és osztásra a **sal** és **sar** utasítások használhatóak. Az operandus azt adja meg, kettő hányadik hatványával szorzunk/osztunk. Könnyebb megértéshez lásd a munkafüzet végén szereplő ábrákat.

7 Konstanst látszólag ki lehet vonni, ez azonban valójában egy modulo 2^{32} összeadásként jelenik meg.

Aritmetikai utasítások

Az **add**$_2$ és a **sub**$_2$ segítségével lehet összeadni és kivonni. Mindkettő működik előjeles és előjel nélküli számokra. Az eggyel való növelés és csökkentés annyira gyakori, hogy erre külön van egy-egy utasítás: **inc**$_1$ és **dec**$_1$.

Szorozni a **mul**$_1$ *egyoperandusú* utasítással lehet előjel nélkül, az **imul**$_1$ segítségével pedig előjelesen. Ezek egy regisztert vagy memóriatartalmat kapnak; az operandusuk nem lehet konstans. Az operandus értékével megszorozzák eax-nak az operandus hosszával megegyező méretű részét (al, ax vagy eax) és a szorzatot elhelyezik ax-ben, dx:ax-ben vagy edx:eax-ben. Ez utóbbi kettő azt jelenti, hogy az eredmény felső fele kerül (e)dx-be, az alsó fele pedig (e)ax-be; a két regisztert átmenetileg egy nagyobb regiszter két felének képzelhetjük el. Erre azért van szükség, mert a szorzat közel kétszer akkora helyet is igényelhet, mint a tényezők.

Példa

`mov eax, 4141659`	`mov eax, 0xA7F04BFF`	; ekvivalens eredményt ad ezzel
`mov ebx, 2356781`	`mov ebx, 2356781`	; mert 414659 · 2356781 =
`mul ebx`	`mov edx, 8E0h`	; $8E0_{16} \cdot 2^{32} + A7F04BFF_{16}$

Osztani a **div**$_1$ és az **idiv**$_1$ *szintén egyoperandusú* utasításokkal lehet. Ezeknél a forrás és a cél éppen fordítva van a szorzásokhoz képest (itt is a cél méretétől függően). Továbbá az osztás maradékát is megkapjuk, az operandus méretétől függően edx-ben, dx-ben illetve ah-ban.

Értéket negálni a **neg**$_1$ utasítással lehet. A negáció műveletének menetét lásd az előjeles számokat leíró részben.

Vezérlésátadás

Előfordul, hogy a program végrehajtását egy másik címen szeretnénk folytatni. Egy ilyen eset, amikor végrehajtottuk egy elágazás igaz ágát, és a hamis ágat, aminek a kódja közvetlenül az igaz ág kódja után következik, már nem akarjuk végrehajtani. Ilyenkor az igaz ág kódjának a végére elhelyezünk egy feltétel nélküli ugrást, aminek hatására a vezérlés a hamis ág kódja után folytatódik, vagyis a teljes elágazás kódja után. A feltétel nélküli ugrás **jmp**$_1$, operandusa pedig az a címke, ahová az ugrás után a vezérlést juttatni szeretnénk.

Vannak olyan esetek, amikor valamilyen feltételtől függően szeretnénk csak átadni a vezérlést máshová, ha pedig nem teljesül a feltétel, a következő utasítást akarjuk futtatni. Az előbbi példánál maradva, az elágazás feltételének vizsgálatakor pontosan ez a helyzet: a teljesül a feltétel, az igaz ág kódját hajtjuk végre, ami közvetlenül az ugrás után áll, ha nem teljesül a feltétel, akkor pedig el kell ugranunk a hamis ágra. A feltétel megvizsgálását a **cmp**$_2$, a feltételes ugrásokat pedig a **j<u>feltétel</u>**$_1$ utasításokkal tudjuk megvalósítani. Ezeknek az alakja: a 'j' (ugrás, *j*ump) után opcionálisan egy 'n' (nem, *n*ot), aztán az 'a', 'b', 'c', 'g', 'l' közül valamelyik (felett, alatt, átvitel, nagyobb, kisebb: *a*bove, *b*elow, *c*arry, *g*reater, *l*ess), majd opcionálisan egy 'e' (egyenlő, *e*qual); lehetséges alakok még önmagukban a je és jne. A cmp szerepe, hogy a jelzőbitek regiszterét beállítja a feltételes ugrás végrehajtásához szükséges értékekre, de a paraméterek tartalmát nem változtatja meg. A feltételes ugrások megvizsgálják a jelzőbitek állását, majd ennek eredménye szerint ugranak az operandusban kapott címre, vagy folytatják a végrehajtást. A feltételek a következőek lehetnek.

- e — ugrik, ha az őt megelőző cmp két paraméterének az értéke azonos
- a és b — ugrik, ha a cmp első paraméterének az értéke előjel nélkül nagyobb (b: kisebb)
- g és l — ugrik, ha a cmp első paraméterének az értéke előjelesen nagyobb (l: kisebb)

Az 'e' betű megengedi az egyenlőséget is, az 'n' betű a feltétel tagadása.

A feltétel nélküli ugrások tetszőlegesen távoli kódra át tudják adni a vezérlést. A feltételes ugrások alapesetben csak „közelre” tudnak ugrani, ezért célszerű a **near** kulcsszót használni a feltételes ugrás mnemonikja után.

Példa

```
cmp        eax, ebx
jnbe near  címke         ; akkor ugrik, ha eax előjel nélkül összehasonlítva
                         ; szigorúan nagyobb (nem kisebb vagy egyenlő), mint ebx
```

Az alprogramhívás eszköze a **call**$_1$ és a **ret**$_0$, a kivételkezelésé az **int**$_1$, melyeket a megfelelő helyeken ismertetünk.

Programozási konstrukciók megvalósítása

Változók deklarációja, definíciója

Amikor egy változóval dolgozunk egy programozási nyelven, mindig tudnunk kell, hogy mekkora területet foglal, illetve milyen műveleteket hajthatunk végre rajta. Magasszintű programnyelveken ezek az információk a deklarációkból derülnek ki, így a fordítóprogram akkor is képes a megfelelő kódot generálni az adat elérésére, ha az egy másik fordítási egységben helyezkedik el.

Az assembly szintjéről nézve az adatok pusztán byte-sorozatok. Itt a hosszra és az elérésre vonatkozó információkat közvetlenül a generált kódban kell helyesen felhasználni. Ehhez fordítóprogram írása során fel kell használni a rendelkezésre álló adatokat, forráskód közvetlen írása során pedig ügyelni kell, hogy ne helyesen írjuk le az adathozzáférés méretét, például duplaszavasan tárolt adatot ne próbáljunk nyolcbites regiszterbe tölteni.

Értékadás

A mov (ha szükséges: movsx, movzx) utasítás segítségével lehet értéket adni egy memóriatartalomnak.

Ha az adat hossza nagyobb egy gépi szónál, akkor több mozgatásra van szükség. Ehhez az adatot fel kell bontani legfeljebb duplaszó hosszúságú részekre, és külön kell értéket adni a részeknek. A mov nem tud két memóriatartalmat operandusként fogadni, hiszen az adatsínen nem tudunk egyszerre befelé és kifelé is adatot mozgatni, a két lépés közti tárolásra az egyik általános célú regisztert használhatjuk.

Példa

A v1 és v2 változók 8 byte hosszon tartalmaznak adatokat. Valósítsuk meg a v1 := v2 értékadást!

```
mov   eax,      [v1]      ; az első 4 byte felolvasása
mov   [v2],     eax       ; az első 4 byte kiírása
mov   eax,      [v1 + 4]  ; a második 4 byte felolvasása
mov   [v2 + 4], eax       ; a második 4 byte kiírása
```

Goto

Ez a konstrukció szinte minden programnyelven majdnem ugyanúgy jelenik meg, mint assemblyben, nem véletlen, hogy jóval megelőzte a strukturált programozást. Megvalósítani egy **jmp** utasítással lehet, amelynek operandusa a célcímke.

Kifejezések

Magas szintű programozási nyelveken könnyen lehet egyetlen sorba hosszú kifejezéseket írni, ezeket assemblyre fordítva azonban akár több képernyőnyi hosszúságú kódot is kaphatunk. A kifejezések átírását a következő módszerrel tehetjük meg. Ennek a módszernek az alkalmazásához szükség van a futási idejű verem ismeretére is, lásd 25. oldal.

Alkossuk meg a kifejezés szintaxisfáját, majd járjuk be a fát posztorder sorrendben. Ha egy konstanssal vagy memóriatartalommal találkozunk, akkor azt tegyük be a verembe. Ha műveleti jelhez érünk, annak paraméterei sorban a verem tetején találhatóak; vegyük ki őket a regiszterekbe, hajtsuk végre a műveletet a megfelelő assembly utasítással, majd az eredményt tegyük ismét a verembe. Amikor a kifejezés végére értünk, a verem tetején a kifejezés értéke található.

Komolyabb nyelv esetén a közbülső lépések során az eredmény vermelését típusellenőrzés előzi meg, például történt-e túlcsordulás. A tömbök indexelése, lista következő elemére hivatkozás, és bármilyen olyan lépés, ami mutató vagy hivatkozás feloldását vonja maga után, szintén műveleti jelnek minősül, amit megvalósítani indirekcióval lehet.

Természetesen sokkal hatékonyabb és kényelmesebb módon is ki lehet értékelni a kifejezéseket, amennyiben a verem helyett regisztereket használunk az átmeneti értékek tárolására. Amint az ember egy kis gyakorlatra tesz szert az assembly programozás terén, kézzel elég egyszerű lesz olvashatóbb, rövidebb módon leírni egy kifejezés kiértékelését. Ugyanerre a fordítóprogramok fejlett technikákat, például gráfszínezést alkalmaznak.

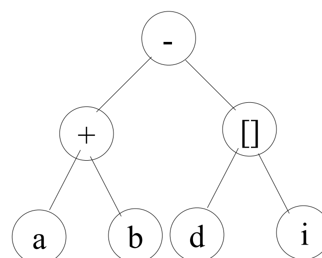
Példa

Az a, b, c, i és j változók 32 bitesek, d 32 bites értékeket tartalmazó tömb.
Valósítsuk meg a j := (a + b) * (c – d[i]) értékadást!

		a verem tartalma	eax	ebx
push	dword [a]	; a		
push	dword [b]	; a b		
pop	eax	; a	b	
pop	ebx	;	b	a
add	eax, ebx	;	a+b	
push	eax	; (a+b)		
push	dword [c]	; (a+b) c		
push	dword [d]	; (a+b) c d		
push	dword [i]	; (a+b) c d i		
pop	eax	; (a+b) c d	i	
pop	ebx	; (a+b) c	i	d
mov	eax, [ebx+4*eax]	; (a+b) c	d[i]	
push	eax	; (a+b) c d[i]		
pop	eax	; (a+b) c	d[i]	
pop	ebx	; (a+b)	d[i]	c
sub	ebx, eax	; (a+b)		c-d[i]
push	ebx	; (a+b) (c-d[i])		
pop	eax	; (a+b)	c-d[i]	
pop	ebx	;	c-d[i]	(a+b)
mul	ebx ; feltételezzük, hogy a szorzat belefér eax-be			
push	eax ; a végeredmény a verem tetején van			

ugyanez a számítás rövidebb kóddal

```
mov  eax,  [a]
add  eax,  [b]            ; a + b
mov  ebx,  [c]
mov  ecx,  [i]
mov  edx,  [d]
mov  edx,  [edx+4*ecx]    ; d[i]
sub  ebx,  edx            ; c – d[i]
mul  ebx
; a végeredmény eax-ben található
```



Szekvencia

Ez a legegyszerűbb vezérlési szerkezet: csak le kell írni a programrészletek kódját egymás után.

Elágazás

Az elágazás minden ága számára tartsunk fenn, még csak gondolatban, egy (lokális) címkét, valamint az elágazás vége számára is egyet. Az elágazások mindig egy kifejezés kiértékelésével kezdődnek; igaz-hamis elágazások esetén a kifejezés egy logikai értéket ad. Ezután sorban következnek az ágak kódjai.

Az elágazás elején a feltétel vizsgálata a következőképpen történik. Kiszámítjuk a feltétel értékét (ami egy logikai érték) egy változóba. Ezután megvizsgáljuk, hogy az elágazás melyik ágába kell átadnunk a vezérlést. Az értéket egy cmp és egy feltételes ugrás segítségével tudjuk összehasonlítani; többágú elágazás esetén több ilyen utasításpárt írunk le egymás után. Kihasználható, hogy a vezérlés a következő utasításon folytatódik, ha nem teljesül a feltétel, ezért egy kiválasztott ág kódja közvetlenül az elágazás után következhet.

Gyakori eset, amikor azt kell megvizsgálnunk, hogy egy kifejezés értéke beleesik-e egy intervallumba. Ennek vizsgálatához, két cmp/jmp utasításpár szükséges: az első két utasítással vizsgáljuk meg, kisebb-e az alsó határnál, a második kettővel pedig azt, nagyobb-e a felsőnél. Mivel sem a cmp, sem a feltételes ugrások nem változtatják meg a vizsgálandó értéket, a konstrukció természetes módon konjunkcióként viselkedik.[8]

Példa

Írjunk elágazást attól függően, hogy az a és a b változó értéke megegyezik-e.

```
	mov eax, [a]
	cmp eax, [b]
	jne .hamis.ag

.igaz.ag		; erre a címkére nincsen feltétlenül szükség, a jobb olvashatóság kedvéért szerepel
	; itt következik az igaz ág kódja
	jmp .elagazas.vege

.hamis.ag
	; itt következik a hamis ág kódja
	; ide nem szükséges ugró utasítást elhelyezni, mert éppen az elágazás végénél vagyunk

.elagazas.vege
```

8 nem túl gyakran előfordul, hogy ennél több összehasonlításra van szükség, például ha EBCDIC kódolás szerint vizsgáljuk meg, kisbetűről van-e szó. Ezekben az esetekben is fel lehet bontani a feltételeket intervallumok uniójára; sorban vizsgáljuk meg, hogy az egyes intervallumok közül beleesik-e valamelyikbe az érték.

Rövidzáras operátorok

Kétfajta logikai vagy és logikai és szokott a programokban szerepelni. Az ún. **mohó operátorok** mindkét részkifejezést kiszámítják, majd az eredményekből meghatározzák a kifejezés eredményét a megfelelő logikai operátorral. A **lusta kiértékelésű** vagy más néven **rövidzáras operátorok** azonban, ha az első részkifejezésből már rögtön megadható az egész kifejezés értéke, a második részkifejezést nem számítják ki.

Egy lehetséges módszer mohó operátorok kiszámítására, hogy egyszerű kifejezéseknek tekintjük őket, a feltételeket pedig a set$_{\text{feltétel}}$ utasítások közül a megfelelő segítségével állítjuk elő.

Rövidzáras operátoroknál a következő kódot írhatjuk. Ez több, azonos operátorból álló kifejezés-láncok kiszámítására alkalmas.

konjunkciós lánc

```
    ; a két összehasonlítandó
    ; meghatározása eax-be és ebx-be

    cmp                     eax,   ebx
    jfeltétel tagadása near .hamis.ag

    ; a fenti konstrukció
    ; alkalmazása a konjunkciós lánc minden elemére

.igaz.ag                    ; itt szerepel az igaz ág kódja
    jmp .vege

.hamis.ag                   ; itt szerepel a hamis ág kódja

.vege
```

diszjunkciós lánc

```
    ; a két összehasonlítandó
    ; meghatározása eax-be és ebx-be

    cmp             eax,   ebx
    jfeltétel near  .igaz.ag

    ; a fenti konstrukció alkalmazása
    ; a diszjunkciós lánc minden elemére

.hamis.ag                   ; itt szerepel a hamis ág kódja
    jmp .vege

.igaz.ag                    ; itt szerepel az igaz ág kódja

.vege
```

Példa

Valósítsuk meg az (a < b) && (c - 1 < 2 * d) logikai feltétel kiértékelését rövidzáras operátorral!

```
    mov       eax,      [a]
    mov       ebx,      [b]
    cmp       eax,      ebx
    jnl near  .hamis.ag

    mov       eax,      [c]
    dec       eax
    mov       ebx,      [d]
    shl       ebx,      1
    cmp       eax,      ebx
    jnl near  .hamis.ag

.igaz.ag
    …
    jmp .vege

.hamis.ag
    …

.vege
```

Valósítsuk meg az (a + b < 1) || (c <= a & d) logikai feltétel kiértékelését rövidzáras operátorral!

```
    mov       eax,      [a]
    add       eax,      [b]
    cmp       eax,      1
    jl near   .igaz.ag

    mov       eax,      [c]
    mov       ebx,      [a]
    and       ebx,      [d]
    cmp       eax,      ebx
    jnle near .hamis.ag        ; az utolsó ág
                               ; összevonható a
                               ; jmp .hamis.ag utasítással
                               ; (a feltétel megfordul)
.igaz.ag
    …
    jmp .vege

.hamis.ag
    …

.vege
```

Elöltesztelős ciklus

Elöltesztelős ciklus írásához két lokális címkére lesz szükségünk.

1. Az első címke a ciklus kezdetét jelzi, ide fogunk a ciklusmag végrehajtása után visszaugrani.
2. Ezután következik a belépési feltétel kiértékelése. Ha nem teljesül a belépési feltétel, akkor elugrunk a második lokális címkénkre.
3. Ekkor következik a ciklusmag kódja.
4. A ciklusmag kódja után egy ugró utasítással átadjuk a vezérlést az első címkénkre.
5. Végül leírjuk a második címkét, amelyen a program tovább folytatódik.

Példa

Tegyük fel, hogy van egy int i változónk, amelyet 32 biten, előjelesen ábrázolunk.

```
     while ( 5 < i || i < 11 )
     {
          ++i;
     }
```

A fenti C programrészletet a következőképpen tudjuk megvalósítani.

```
.ciklus.kezdete               ; 1.
     cmp  dword [i],     5    ; 2.
     jg near   .ciklusmag     ; 2., 5 < i teljesül
     cmp  dword [i],     11   ; 2.
     jl near   .ciklusmag     ; 2., i < 11 teljesül
     jmp  .ciklus.vege

.ciklusmag                    ; ez a címke a vagy rövidzárassága miatt keletkezett
     inc  dword [i]           ; 3.

     jmp  .ciklus.kezdete     ; 4.

.ciklus.vege                  ; 5.
```

Hátultesztelős ciklus

A hátultesztelős ciklus nagyon hasonló szerkezetű az elöltesztelős ciklushoz. Szintén két lokális címkére lesz szükségünk.

1. Az első címke a ciklus kezdetét jelzi, ide fogunk a ciklus végén visszaugrani.
2. Itt következik a ciklusmag kódja.
3. Ezután következik a folytatási feltétel kiértékelése. Ha teljesül a feltétel, akkor elugrunk a ciklus kezdetén elhelyezett lokális címkénkre, különben pedig a második címkére. A második címkére való ugrás egyszerű feltétel esetén el is maradhat, hiszen ekkor a feltételes ugráson túlhaladva a program futása ugyanott folytatódik.
4. A második címkével jelezzük a ciklus végét.

Példa

Példa: tegyük fel, hogy van két int típusú változónk, i és j, melyeket 32 biten, előjelesen ábrázolunk.

```
    do
    {
        --i;
    } while ( 19 < i + j && i < 11 );
```

A fenti C programrészletet a következőképpen tudjuk megvalósítani.

```
.ciklus.kezdete               ; 1.
    dec  dword [i]            ; 2.

    mov  eax, [i]             ; 3.
    add  eax, [j]             ; 3.
    cmp  eax, 19              ; 3.
    jg   .ciklus.kezdete      ; 3., 19 < i + j teljesül

    cmp  dword [i], 11        ; 2.
    jnl  .ciklus.vege         ; 2., i < 11 nem teljesül

    inc  dword [i]            ; 3.

    jmp  .ciklus.kezdete      ; 4.

.ciklus.vege                  ; 5.
```

Rögzített lépésszámú ciklus

Amennyiben a ciklusmagot korlátos sokszor kell végrehajtani, a következő kódot generálhatjuk. Két lokális címkét fogunk elhelyezni a kódban.

- Szükségünk lesz a ciklusszámláló eltárolására. Erre a célra egyszerű ciklusok esetén fenntarthatjuk valamelyik regisztert, összetettebb ciklusok esetén pedig lefoglalhatunk egy memóriaterületet az adatszegmensben, vagy tárolhatjuk a ciklusszámlálót a futási idejű veremben.
- Miután eldöntöttük, hol tároljuk a ciklusszámlálót, töltsük fel a kezdeti értékét.
- Írjuk le az első lokális címkét, amely a ciklus kezdetét jelzi.
- Vizsgáljuk meg, hogy a ciklusszámláló túlhaladta-e már az értékhatárt. Ha igen, ugorjuk a második címkére. Amennyiben a ciklusszámláló még a határon belül van, a program futása folytatódik.
- Írjuk le a ciklusmag kódját. A ciklusmagon belül felhasználhatjuk a ciklusszámláló értékét, de ne változtassuk meg. A ciklusmagon belül elhelyezhetünk kiugrást a ciklus végére.
- Léptessük a ciklusszámlálót.
- Egy feltétel nélküli ugrással irányítsuk vissza a vezérlést az első címkére, a ciklus kezdetére.

Példa

Adott egy int n változó. Valósítsuk meg az alábbi programot assembly nyelven.

```
     for ( int i = 0; i < 15; ++i )
     {
          if (n % 2 == 0)     n = n / 2;
          else                n = 3 * n + 1;
          if (1 == n)         break;
     }
```

```
     mov eax, 14            ; eax regiszterben tároljuk az n változót
     mov ecx, 0             ; a ciklusszámláló inicializálása

.ciklus.kezdete
     cmp ecx, 15
     jnl .ciklus.vege       ; a ciklusfeltétel vizsgálata

     mov edx, eax
     and edx, 1             ; a feltétel vizsgálatához csak az utolsó bitre van szükségünk
     cmp edx, 0
     jne .paratlan

.paros
     shr eax, 1             ; előjel nélküli, kettővel való osztás
     jmp .elagazas.vege

.paratlan
     mov edx, eax
     shl eax, 1             ; előjel nélküli, kettővel való szorzás
     add eax, edx           ; … és még egyszer az eredeti
     inc eax

.elagazas.vege
     cmp eax, 1
     je .ciklus.vege        ; break

     inc ecx                ; a ciklusszámláló növelése
     jmp .ciklus.kezdete ; ugrás a ciklusmag elejére

.ciklus.vege
```

Leszámláló ciklus

A leszámláló ciklus olyan rögzített lépésszámú ciklus, amelyben a ciklusszámláló csökken, és a ciklusfeltételt a ciklus végén ellenőrizzük. Ha nem végzünk külön ellenőrzést előtte, akkor a cikusmag legalább egyszer lefut. Ügyelni kell arra, hogy a ciklusszámláló kezdetben ne legyen nulla, különben alulcsordulás miatt a ciklus szándékainkkal ellentétben nemhogy egyszer sem, de 2^{32}-szer fut le. Amennyiben nem alkalmazunk egyéb számlálót, figyelembe kell venni a ciklusmagban, hogy a ciklusszámláló felülről lefele számol.

Szerkezete nagyon egyszerű. A ciklus kezdete előtt fel kell tölteni a ciklusszámlálót. Egyetlen címkére van szükségünk a ciklus elején. Utána közvetlenül a ciklus kódja következik, majd a ciklus végén alkalmazzuk a loop$_1$ utasítást[9]. Ennek egy címke az operandusa, és a következő három utasítással ekvivalens működésű. Kötött, hogy ecx regisztert tekinti ciklusszámlálónak.

```
dec ecx
cmp ecx, 0
je loop_utasítás_operandusa_címke
```

Példa

Számítsuk ki az első n szám összegét (n ≥ 1).

```
int i = n;
int osszeg = 0;
do
{
     osszeg += i;
} while (--i);
```

```
     mov ecx, n                ; eax regiszterben tároljuk a ciklusszámlálót
     mov eax, 0                ; osszeg inicializálása

.ciklus.kezdete
     add eax, ecx
     loop .ciklus.kezdete      ; a ciklusfeltétel vizsgálata
```

9 Természetesen a vele ekvivalens kódrészletet is leírhatjuk. Ennek további előnye lehet, hogy ekkor ecx helyett más regisztert is választhatunk ciklusszámlálónak.

Feladatok

1. Add meg a regiszterek tartalmát minden utasítás után! A feladatot a jelölt pontokon is el lehet kezdeni.

		reg. vagy mem.	bináris (megfelelő bithosszon)	decimális		hexadecimális
				előjel nélküli	előjeles	
a.	mov ebx, 1023	ebx				
	mov al, -100	al				
	movsx eax, bl	eax				
b.	mov eax, 1C34F6E2h	ax				
		ah				
		al				
c.	mov byte [0FAh], 01Ch	[0xFA]				
	mov byte [0FBh], 0x22	[0xFB]				
	mov ax, [0FAh]	ax				
d.	mov eax, 89ABCDEFh	ax				
	mov ah, al	ah				
	mov al, 42	al				
	mov bl, al	bl				
	mov bh, al	bx				
e.	mov ax, 0FF42h	ax				
	mov bx, 0DCBAh	bx				
	sub bh, al	bh				
	xor ax, bx	ax				
		bx				
f.	mov al, 01011010b	al				
	or ah, 10101010b	ah				
g.	mov al, 120	al				
	not al	al				
	neg al	al				
h.	mov bh, 254	bh				
	inc bh	bh				
	add bh, 1	bh				
i.	mov cx, 0x01F0b	cx				
	mov eax, -128	eax				
	mul cx	dx : ax				
	imul cl	ax				

2. a. Az x, y és z címen byte-os adatok vannak. Számítsd ki z-be (not x | y) & x értékét!
b. Számítsd ki eax-be (eax – 1) * 2 értékét!

3. Adj meg minél több utasítást, amely
   a. nullára állítja eax értékét, és a memória és minden egyéb regiszter tartalmát változatlanul hagyja!
   b. nem változtatja meg a regiszterek értékét (legfeljebb a jelzőbitek regiszterének kivételével)!
   c. eax 2. bitjét egyesre állítja, a többit pedig változatlanul hagyja!
   d. az ellentétére állítja ebx legalsó (0.) és legfelső (31.) bitjét!
   e. al tartalmát egy előre adott értékről egy másik adott értékre állítja! (Például 229-ről 33-ra.)

4. Az x és y két címke, melyeken 32 bites adatokat tárolunk.
   a. Valósítsd meg az x := y értékadást! Közvetlenül egyik címről a másikra másoló utasítás nincsen.[10]
   b. Cseréld meg x és y tartalmát!

5. Milyen byte-okat tartalmaz sorban az adatszegmens?

```
        section .data

db   55h
db   55h, 56h
db   'a', 0Ah
db   ”hello”
dw   1234h
dd   89ABCDEFh
```

6. Valósítsd meg az ismertetett utasítások segítségével az *adc eax, ebx* utasítást! Az adc az első operandushoz hozzáadja a másodikat (mint az add), és még ehhez az átviteli bitet (azaz hozzáad még egyet, ha az átviteli bit be van állítva, különben az eredmény a két operandus összege).

7. Mennyi a kódrészletek végrehajtása után eax értéke?

```
.a
  xor    ebx, ebx
  inc    ebx
  jmp    .vege

  dec    ebx
  mov    eax, ebx

.vege
```

```
.b
  cmp    eax, 0
  je near      .vege

  mov    eax, eax

.vege
  inc    eax
```

```
.c
  cmp    eax, eax
  je near      .vege
  dec    eax

  jmp    .c

.vege
```

8. Írj olyan kódrészletet, amely ecx-be meghatározza eax és ebx maximumát! A számok előjel nélkül vannak ábrázolva.

9. Lineáris keresés: az adat címkétől kiindulva keresd meg az első olyan byte-ot, amelyik nullát tartalmaz, és ennek a címét add meg eax-ben!

10. Valósítsd meg assembly nyelven az alábbi C programrészletet! Az a és b változók típusa int.

```
for ( int i = 0; i < 10; ++i )    a += b;
```

11. Az n paraméter a memóriában található egy duplaszavas változóban. Számítsd ki az eax regiszterbe
   a. az első n szám összegét!
   b. n! értékét!

10 Egy ilyen utasításnak egyszerre kellene a memóriabuszon beolvasnia és kiírnia az adatot, márpedig az csak egyirányú adatforgalomra képes.

12. Adott egy duplaszavas értékeket tartalmazó láncolt lista címke. A lista egy eleme egy duplaszavas mutatóból és a duplaszavas értékből áll. A mutató a következő elemre mutat; ha nincs következő elem, nullát tartalmaz. Add meg a lista hosszát!

13. Adott a szoveg címkén egy szöveg, amelynek ismert a hossza. Fordítsd meg helyben!

14. Adott három időpont: egy-egy óra és perc, amelyek duplaszavasan vannak eltárolva a memóriában. Az első két időpont között részleges napfogyatkozás következik be. A napfogyatkozás mértéke a félidőig lineárisan növekszik, félidőben pontosan 50%, onnantól lineárisan csökken. Add meg, hogy a harmadik időpontban (amelyről feltételezhető, hogy az előző kettő között helyezkedik el) mekkora volt egész százalékra kerekítve a napfogyatkozás mértéke!

15. A teniszben az a játékos nyer meg egy ún. rövidített játékot, aki először ér el legalább 7 pontot úgy, hogy legalább 2 ponttal vezet (azaz ha az állás 7-6, akkor még nem dőlt el a rövidített játék, például a második játékos megszerezheti a következő három pontot, és akkor ő nyer 7-9-re). Egy tömbben adott, hogy melyik játékos nyerte meg a soron következő játékot. A tömb hossza előre nem ismert. Add meg, ki nyerte a rövidített játékot, és milyen arányban!

A futási idejű verem szerepe: rekurzív alprogramhívások megvalósítása

Az **alprogramok** (rutinok, szubrutinok) paraméterezhető, távolról meghívható programkód-részek. Két fajtájuk a **függvények**, melyek ezekből visszatérési értéket számolnak ki, és az **eljárások**, melyek a paraméterként kapott mutatókon keresztül megváltoztathatják a memória tartalmát. Főleg a C alapú nyelvekben a két fogalom nem különül el, ezekben mindkettőt függvénynek nevezik.

A verem célja az, hogy egyszerű módon lehessen kezelni az egymásba ágyazott alprogramhívások adatait. Akkor kap igazi jelentőséget, ha a hívások rekurzívak, azaz az alprogram futása közben ismét meghívjuk az alprogramot (általában más paraméterezéssel, mint első alkalommal). Íme egy példa arra C nyelven, miért is van erre szükség.

Hívjuk meg a függvényt **fakt(2)** paraméterezéssel.
Ekkor a vezérlés átkerül a függvény kódjának az elejére. Mivel 2 ≠ 0, az eljárás hamis ágát hajtjuk végre. Itt ki kell számítanunk fakt(1) * 2-t, ehhez pedig ismét meg kell hívnunk a függvényt, ezúttal **fakt(1)** paraméterezéssel.
A *függvény most két példányban fut: két, eltérő paraméterezéssel.*
A „belső” faktoriális még egy példányt elindít a függvényből, fakt(0) hívással, ami visszatér 1-gyel, majd ezt felhasználva fakt(1) is visszatér 1-gyel, és csak ekkor tud fakt(2) is visszatérni, 2 * 1-el.

```
int fakt( int n )
{
  int v;

  if ( n == 0 )v = 1;
  else
  v = fakt( n - 1 ) * n;

  return v;
}
```

Azokat a kódrészleteket, amelyek több példányban is futhatnak egyszerre, **reentránsnak** nevezzük. Azokat a memóriacímeket, ahová átadva a vezérlést elkezdhetjük a kódrészlet végrehajtását, a kód **belépési pontjainak** nevezzük. A programozó, illetve a fordítóprogram feladata garantálni, hogy a kódot csak ezeken a pontokon kezdjük el végrehajtani. A belépési pontokat címkével fogjuk megjelölni.

A futási idejű verem használata

A verem egy hardveresen támogatott ábrázolású adatszerkezet. Adatot betenni a **push**[1], kivenni a **pop**[1] utasításokkal lehet. A paraméter 16 vagy 32 bites lehet, 8 bites *nem*. A pop operandusa nem lehet konstans.

Példa			Hibás	
	push eax push dword [esi]	push word 5 pop ecx	push al	pop dh

A veremműveletek – 386-ostól felfelé – a következő műveletekkel ekvivalensek hatásukban.

push *adat*	sub esp, *adat hossza* ; *2, ha szó, 4, ha duplaszó* mov [esp], *adat értéke*	pop *adat*	mov *cél*, [esp] add esp, *a mozgatott adat hossza*

Fontos, hogy rögzítsük, hogyan kerülnek át a paraméterek a hívás helyéről az alprogramba, illetve hogyan adja vissza az alprogram a visszatérési értékét, ha van neki; ezt **hívási konvenció**nak nevezzük. A **cdecl** konvenció a paramétereket jobbról balra haladva teszi a verembe, a visszatérési értéket pedig az eax regiszterbe teszi. Ha a visszatérési érték kisebb (pl. ASCII karakter), csak ax vagy al tartalmaz értékes adatot, a felső bitek értéke figyelmen kívül hagyható; ha nagyobb struktúra, például egy rekord, eax-ban a struktúra címét adjuk vissza.

a bevezető kód az alprogram elején	push ebp mov ebp, esp sub esp, *lokális paraméterek összhossza (byte)*	mov esp, ebp pop ebp ret	a kilépő kód az alprogram végén

Az alprogramot a fenti kódrészletekkel kezdjük és fejezzük be. Az alprogramon belül az i-edik paramétert a **[ebp + 4 + *i* * 4]** címen, a j-edik lokális változót az **[ebp - j * 4]** címen érhetjük el.

Az alprogram egy futó példányához tartozó információk összességét **aktivációs rekordnak** nevezzük. Ez tartalmazza az összes paramétert és a lokális változót. A futási idejű veremben, **veremkeretekben** tároljuk az aktivációs rekordokat. Ezek megvalósításáról szól a következő oldal.

Konkrét példa a futási idejű verem használatára: a faktorialis(2) hívás megvalósítása

Kód	Magyarázat	Verem
ˆˆˆˆˆ	Kezdetben a verem tartalma lényegtelen számunkra. Annyit tudunk csupán, hogy a verem tetejének a címe esp-ben található.	esp: a verem alja ›››››››››
`push dword 2`	Amikor meghívjuk faktoriális függvényt, a paraméterét a verembe tesszük. Ezzel esp is csökken néggyel, és a verem új tetejére mutat.	esp: par_1: 2 | ...
`call fakt`	Ezzel az utasítással hívjuk meg a függvény kódját. Hatására a verembe bekerül a következő utasítás címe; visszatéréskor innen tudjuk majd, honnan kell folytatni a végrehajtást. Ezután a vezérlés átkerül a függvény kezdőcímére (ezt tartalmazza a faktorialis címke).	esp: régi eip | par_1: 2 | ...
`add esp, 4`	Miután végrehajtottuk a függvény kódját, a veremből visszaáll eip regiszter értéke, és a végrehajtás ennél az utasításnál folytatódik. Itt még vissza kell állítanunk a vermet az eredeti állapotába, vagyis esp-hez annyit adnunk hozzá, ahány byte-ot a paraméterekkel elfoglaltunk a veremből.	esp: par_1: 2 | ...
ˇˇˇˇˇ	Készen vagyunk, innentől folytatódhat a program futása. Az eax regiszter tartalmazza 2! értékét.	esp: ...

Konkrét példa a futási idejű verem használatára: a faktorialis függvény kódja

Kód	Magyarázat	Verem
`fakt`	A függvény kezdetét címke jelöli, hogy könnyen meghívható legyen.	régi eip (ebp+4) | par_1: 2 (ebp+8) | ... (ebp+12)

`push ebp`
`mov ebp, esp`
`sub esp, 4`
	A szokásos bevezető kód. Az első két sor beállítja ebp-t arra a pozícióra, ahonnan a függvény végéig nem mozdul el. Ezért ebp-t a veremkeret **bázisának** nevezzük. A harmadik sor lefoglalja a helyet a lokális változónk, v számára.	esp: v (ebp-4) | régi ebp (ebp) | régi eip (ebp+4) | par_1: 2 (ebp+8) | ... (ebp+12)

`push ebx`	Elmentjük a függvényben használt ebx-et. A cdecl alprogramhívási konvenció szerint az alprogramok eax, ecx és edx tartalmát változtathatják meg.	esp: régi ebx (ebp-8) | v (ebp-4) | régi ebp (ebp) | régi eip (ebp+4) | par_1: 2 (ebp+8) | ... (ebp+12)
`cmp dword [ebp+8], 0` `jne .hamis.ag`	A második sorban szereplő elágazás feltétele és igaz ága.	
`mov dword [ebp-4], 1` `jmp .elagazas.vege`	Az elágazás igaz ága. A v változó értéket kap, majd elugrunk az elágazás végére, hogy ne fussunk bele a hamis ágba.	esp: régi ebx (ebp-8) | v: 1 (ebp-4) | régi ebp (ebp) | régi eip (ebp+4) | par_1: 2 (ebp+8) | ... (ebp+12)
`.hamis.ag`		

`mov eax, [ebp+8]`
`dec eax`
`push eax`
	Kiszámítjuk és a verembe helyezzük az egy szinttel mélyebben levő függvény paraméterét. Hasonló az alprogram külső példányának fent leírt meghívásához.	

`call fakt` `add esp, 4`	A függvény meghívása, majd a hívás paraméterének eltávolítása a veremből.	

`mov ebx, [ebp+8]`
`mul ebx`
`mov [ebp-4], eax`
	Az előbb eax-be kiszámított fakt(n – 1) és az ebx-be betöltött n szorzatának kiszámítása v-be. Feltesszük, hogy a szorzat belefér eax-be.	esp: régi ebx (ebp-8) | v: 2 (ebp-4) | régi ebp (ebp) | régi eip (ebp+4) | par_1: 2 (ebp+8) | ... (ebp+12)

`.elagazas.vege`	Akármelyik ágon is jutottunk el ide, a veremkeret szerkezete ugyanúgy néz ki. Eltér v, azaz [ebp-4] tartalma.	esp: régi ebx (ebp-8) | v: ? (ebp-4) | régi ebp (ebp) | régi eip (ebp+4) | par_1: 2 (ebp+8) | ... (ebp+12)
`mov eax, [ebp-4]`	A visszatérési érték eax-be kerül.	
`pop ebx`	A használt regiszter visszaállítása. A hamis ágban a szorzás felülírta edx-et is, azonban ezt nem kell visszaállítani az alprogram kezdeti értékére.	esp: v: ? (ebp-4) | régi ebp (ebp) | régi eip (ebp+4) | par_1: 2 (ebp+8) | ... (ebp+12)
`mov esp, ebp` `pop ebp`	A feleslegessé vált lokális változókat átugorjuk, majd visszaállítjuk ebp-t is. Ekkor ebp az előző szinten levő veremkeret bázisát mutatja.	esp: régi eip | par_1: 2 | ...
`ret`	Visszatérünk. A program futása a *call faktorialis* hívás után következő kódsornál folytatódik.	

A veremkeret általános szerkezete

‹‹‹‹‹‹‹‹ verem	...	$lokVált_2$	$lokVált_1$	régi ebp	régi eip	par_1	par_2	...	az előző aktivációs rekordok ›››››››››
	ebp-...	ebp-8	ebp-4	ebp	ebp+4	ebp+8	ebp+12	ebp+...	

Parancssori paraméterátadás

A parancssori paraméterek átadása rendszerenként különbözik, azon belül szerkesztőprogramok között is eltérő lehet. Linux alatt, gcc szerkesztővel nagyon kényelmesen érhetőek el a paraméterek, mivel a főprogram is úgy viselkedik, mint egy **int main(int argc, char** argv)** szignatúrájú C függvény. Ennek megfelelően az előzőekben leírt alprogramparaméter-elérési módszerek alkalmazhatóak.

ebp | ebp+8 | ebp+12

‹‹‹‹‹‹ futási idejű ‹‹‹‹‹‹ verem	régi ebp	kitöltő dword	argc	argv

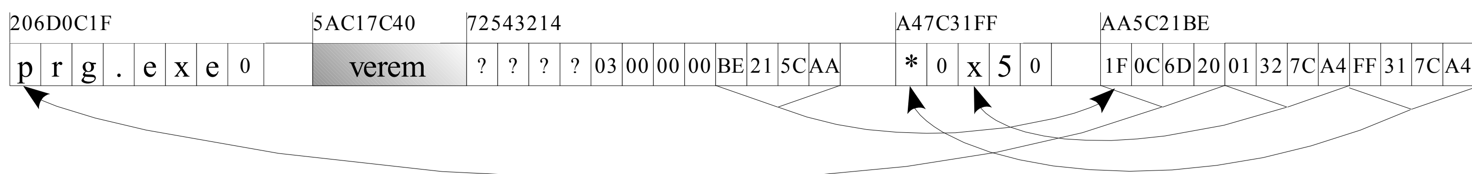
[ebp+12] | [ebp+12]+4 | [ebp+12]+8

filenév	1. paraméter	2. paraméter	...

a . o u t 0 | 4 2 0 | a b c 0

```
  section .text
  global main
main
  push ebp
  mov ebp, esp        ; alprogram bevezető kódja

  mov eax, [esp+4]    ; parancssori paraméterek száma plusz egy,
                      ; ami argv[0], a futtatott program neve

  cmp eax, 2
  jne .nem_egy        ; ha nem pontosan egy parancssori paramétert kaptunk, kilépünk

  mov esi, [ebp+12]   ; esi = argv
  mov esi, [esi+4]    ; esi = argv[1], az első paraméter

.szamlal
  mov al, [esi]
  cmp al, 0
  je .tovabb

  inc esi             ; byte-onként léptetjük a mutatót, mert a szöveg ASCII karakterekből áll
  jmp .szamlal        ; megszámoljuk, milyen hosszú (ASCII string)

.tovabb
  mov edx, esi
  sub edx, ecx        ; hossz: a nulla tartalmú végpozíció – a szöveg kezdete

                      ; kiírás következik, bővebben lásd később
  mov eax, 4
  mov ebx, 1
  mov ecx, [esp+8]
  mov ecx, [ecx+4]
  int 0x80

.nem_egy
  ...
```

A memóriában ezek egy potenciális elhelyezkedése két paraméter ('x5' és egy csillag) esetén a következő. A verem 5AC17C40 és 72543214 hexa címek között található, azaz 98872693 duplaszó fér bele. Az argc paraméter címe 72543218 (értéke 3), argv címe 7254321B. A filenév címe, argv értéke AA5C21BE, az első paraméterre mutató argv[1] címe AA5C21C2, a második paraméterre mutató argv[2] címe AA5C21C6. A filenév szövegesen a 206D0C1F és 206D0C26 címek között helyezkedik el (a végén egy hexa nullával), az első paraméter A47C3201 és A47C3203 között, a második A47C31FF és A47C3200 között.



A rendszerszolgáltatások elérése: fájlkezelés

	művelet	név[11]	eax	ebx	ecx	edx	vissza eax
fájlműveletek	létrehozás	creat	**8**	a fájlnév címe	elérési jogok	-	fájlleíró
fájlműveletek	megnyitás	open	**5**	a fájlnév címe	0 olvas, 1 ír, 2 ír/olvas	elérési jogok	fájlleíró
fájlműveletek	olvasás	read	**3**	a fájl leírója	puffer címe	max. hossz (byte)	olvasott byte-ok
fájlműveletek	írás	write	**4**	a fájl leírója	puffer címe	hossz (byte)	írt byte-ok száma
fájlműveletek	pozicionálás	lseek	**19**	a fájl leírója	előjeles eltolás az edx-ben kapott pozícióhoz képest	0 elölről, 2 hátulról, 1 az aktuális pozícióról	pozíció a fájlban
fájlműveletek	lezárás	close	**6**	a fájl leírója	-	-	0 OK, 1 hiba
	kilépés	exit	**1**	hibakód	-	-	-

Az operációs rendszer szolgáltatásait **megszakítások** meghívásával lehet elérni. Ezek két dologban térnek el az alprogramhívástól: egyrészt a paramétereket más konvenció szerint, a regisztereken keresztül adjuk át, másrészt nem a call, hanem az **int** utasítást használjuk, mert más védettségi szintű kódot – az operációs rendszerét – érjük el. Az int-nek paraméterül mindig **80h**-t fogunk adni, ami a Linux rutingyűjteményének sorszáma a megszakítások között. Más operációs rendszerek is nyújtanak hasonló szolgáltatásokat, általában más sorszámú megszakítás alatt, és teljesen eltérő paraméterezéssel.

A szolgáltatások megváltoztatják az eax, ecx és edx regisztereket. Hiba esetén -1-et adnak vissza.

Egy fájl életciklusa a következőképpen alakul.

- létrehozás: ez a megnyitás egy speciális fajtája, a creat egy részben előre felparaméterezett open
- megnyitás
  - a megnyitandó fájlnév, amelynek a címét paraméterként kapja, egy nullára végződő ASCII string
  - az elérési jogok: egy-egy bit jelzi, hogy a felhasználó/csoport/külvilág írhatja/olvashatja/futtathatja-e a fájlt[12]. Ezt a legegyszerűbb nyolcas számrendszerben leírni[13].
  - siker esetén egy 32 bites leírót kapunk vissza, innentől ennek a segítségével hivatkozhatunk a fájlra. Előre megnyitott fájlok a **sztenderd bemenet**, **kimenet** és **hibafolyam**. Ezek leírói sorban 0, 1, és 2.
- írás, olvasás
  - meg kell adnunk egy mutatót a forrás-, illetve célterületre (ez a **puffer**), és azt, hány byte-ot szeretnénk átvinni.
  - a fájlhoz tartozik egy mutató, amely kezdetben a fájl elején áll. Ezt minden olvasási és írási művelet mozgatja, de közvetlenül is lehet állítani. Figyelni kell arra, hogy a fájl végéről negatív értékkel tudunk előrébb pozicionálni. A fájl végén, ha túlmutatunk rajta, az átlépett pozíciókon 0 byte-ok szerepelnek.
- lezárás: a program befejeződésekor a rendszer lezárja a nyitva maradt leírókat, de kézzel is megtehetjük.

Példa

```
mov eax, 4          ; kiírást fogunk igénybe venni
mov ebx, 1          ; a kiírás a sztenderd kimenetre történik
mov ecx, uzenet     ; az üzenet címe
mov edx, 12         ; a kiírandó üzenet hossza
int 80h

mov eax, 1          ; kilépés következik
xor ebx, ebx        ; nullás hibakód: minden rendben történt
int 80h
```

```
    section .data

uzenet    db   "Hello"
          db   ' '
          db   "vilag"
          db   0xA
```

11 további információk találhatóak az */usr/include/asm/unistd.h* fájlban, illetve a man 2 *név* parancs használatával

12 például a „bárkinek bármit” 777q, a „felhasználónak bármit” 700q, a „felhasználó írhatja, bárki olvashatja” 644q

13 egy nyolcas számrendszerbeli szám 0 és 7 közötti számjegyeket tartalmaz, és 'q' vagy 'o' áll a végén

Feladatok

1. a. Írd ki a „Hello vilag!” szöveget betűről betűre bővülve! Először csak egy „H” betűt írj ki és egy sorvégét, aztán a „He” szöveget és sorvégét stb.
   b. Hasonlóan bővülő módon írd ki az első parancssori paramétert!

2. a. i) Alkoss a saját (lefordított, futtatható) programkódját kiíró programot[14]! Feltételezheted, hogy a program neve ismert. Használj 1024 bites puffert a fájl tartalmának beolvasása során!
   ii) Nehezítés: a program nevét a parancssori paraméterek közül kell kinyerned.
   b. i) Alkoss a saját forrásszövegét kiíró programot! Feltételezheted, hogy a program neve ismert.
   ii) Nehezítés: a program neve a futtatott fájl neve .asm kiterjesztéssel. Feltételezheted, hogy a fájl neve kevesebb, mint 256 karakter hosszú.

3. Írj olyan eljárást, amely egy duplaszón elférő, előjel nélküli egész számot ír ki a képernyőre tízes számrendszerben! A számot paraméterként kapja meg az eljárás. A kiírandó string legyen lokális változó (fix hosszúságú ASCII karaktertömb); az eljárásnak ezt töltse fel, majd hívja meg a kiírást.

4. Írj programot, amely a következőképpen működik. A program két paramétert kap: egy filenevet és egy három karakteren ábrázolt, előjel nélküli számot, n-et, amely értéke ábrázolható egy byte-on. Olvasd fel a file első byte-ját, m-et. Vizsgáld meg, a file n-edik és m-edik byte-ja megegyezik-e.

Példa

A program meghívása: ./a.out 004 file.txt ekkor n = 4

A file.txt tartalma (hexa számok):

```
02 07 FD 04 ...
```
ekkor m = 2, a második byte 7, a negyedik 4, nincs egyezés,

```
01 AB 7C 01 ...
```
ekkor m = 1, az első és a negyedik byte egyaránt 1, egyeznek

5. Írj programot, amely a következőképpen működik. A program egy filenevet kap paraméterként. A file hossza hárommal osztható. A program vizsgálja meg, hogy minden harmadik byte egyenlő-e az előző kettő összegével (modulo 256, azaz 0xAB 0xCD 0x78 helyes).

6. Írj programot, amely a következőképpen működik. A program egy filenevet kap paraméterként. A program keresse meg, melyik az az első pozíció, ahol a file elölről és hátulról olvasva eltér. Feltételezhető, hogy van ilyen pozíció.

Példa

Példa: ha a file tartalma abcdecba, akkor a program eredménye 4.

7. Add meg, hogy a parancssori paraméterként kapott file a legvégén tartalmazza-e a saját nevét.

8. Add meg a következő függvények kódját:

$f(0) = -2$
$f(1) = 1$
$f(n) = f(n-1) - 2 * (f(n-2) \text{ or } f(n-3))$

$g(0) = 2$
$g(1) = -1$
$g(n) =$
ha $f(n-1) \geq f(n-2)$: $(f(n-1) - n) \text{ xor } f(n-2)$
különben : $f(n-1) \text{ xor } (f(n-2) + n)$

14 A feladat jellegéből következően a kilistázott tartalom meglehetősen olvashatatlan lesz, érdemes a diff programot használni az eredmény vizsgálatára.

9. Adott egy inteket tartalmazó tárhely kezdőcíme és a hossza.
   a. Adott egy int kovetkezo() szignatúrájú függvény. Töltsd fel a tárhelyet sorban az 1, 2, 3 stb. számokkal úgy, hogy a függvény mondja meg, hány pozíciót kell az adott értékkel feltölteni!

Példa

Ha a visszatérési értékek sorban 1, 3, 2, 1, akkor a feltöltött tárhelynek így kell kinéznie: 1, 2, 2, 2, 3, 3, 4.

   b. Adott két index, melyekre teljesül, hogy $0 < i \leq j \leq$ hossz, valamint egy int f(int) szignatúrájú függvény. Töltsd fel a tömböt úgy, hogy tetszőleges k indexre f(k) + tomb[k-1] kerüljön a tömbbe, ha $i \leq k \leq j$, különben pedig k.

   c. Adott egy int permutal() szignatúrájú alprogram. Ennek segítségével permutáljuk a tömböt helyben a következőképpen. A permutal() első meghívásakor azzal a pozícióval tér vissza, ahová az eredeti első elemnek kell kerülnie. A következő híváskor a visszatérési érték az előbb lecserélt elem új pozíciója lesz. Ez addig folytatódik, amíg az első pozícióhoz vissza nem jutunk.

Példa

Ha az eredeti tömb tartalma 6, 2, 9, -4, 3, a visszatérési értékek sorban 3, 5, 4, 1, 2, akkor a tömb új tartalma -4, 3, 6, 9, 2 lesz.

10. Valósítsd meg a következő függvényt!

```
int osszegzo( int* tomb, int hossz )
{
     int i, j;
     int osszeg = 0;

     for ( i = 0; i < hossz; ++i )
          for ( j = i; j < hossz; ++j )
          {
               if ( tomb[i] <= tomb[j] )    osszeg = osszeg + tomb[i];
               else    osszeg = osszeg + tomb[j];
          }
     return osszeg;
}
```

Makrók

Az eddigiekben az assembly nyelvek fordításának utolsó fázisát tárgyaltuk, amikor az assembler a forrásprogramból gépi kódot állít elő, amely **futási idő**ben működik: megváltoztatja a regiszterek értékét, alprogramokat hív meg stb. Ebben a fejezetben a **fordítási idő**ben, az **előfordítási fázis**ban működő makrókkal foglalkozunk. Ezek a forráskód általunk megírt szövegét alakítják át; csak azután kezd el működni a gépi kódra fordító fázis, hogy a makrófordító fázis véget ért. Tartsuk végig szem előtt, hogy bármennyire is hasonló dolgokat lehet elvégezni a makrók segítségével, mint az utasításokkal, lényeges különbség, hogy a makrók nem férnek hozzá a regiszterekhez és a memóriához, és nem tudnak elugrani a kód más pontjaira.

A nasm assembler **-e** kapcsolójával lehet az előfordítási fázis végeredményét kiíratni.

A **szimbólumok** a fordítóprogram által értelmezett, a forráskódban előforduló karaktersorozatok. Már találkoztunk a szimbólumok egy fajtájával: a címkék egy memóriacím szimbolikus megjelenési formái. A mnemonikok és a regiszterek nevei nem szimbólumok, hanem kulcsszavak; ezeket a neveket is fel lehet venni a szimbólumok közé is, de határozottan nem ajánlott. A **makrók** a szimbólumok paraméterezhető, felüldefiniálható fajtája.

Az előfordítási fázis a következőképpen működik. Az assembler lineárisan végighalad a kódon, és sorban azt vizsgálja, hogy talál-e makródefiníciókat vagy makróhívásokat. A **makródefiníció** tartalmazza a makró **nevét**, **paramétereit** és **törzsét**, amely függ a paraméterektől. Innentől, ha az assembler olyan szimbólumsorozattal találkozik, amely a makró nevével kezdődik, és megfelelő számú szimbólummal folytatódik (úgy, hogy azok értelmezhetőek legyenek a makró paramétereiként), azt makróhívásnak tekinti, és **kifejti**. Ez úgy történik, hogy a kifejtendő kódrészletet, vagyis a makró nevét és a paraméterezést, eltávolítja a forrásszövegből, majd a helyébe beszúrja a makró törzsének az aktuális paraméterek szerint meghatározott alakját. A fordítóprogram ezután folytatódik a kifejtett rész *kezdetétől*, ezért a kifejtés után rögtön annak a vizsgálata következik, hogy a beillesztett részben található-e újabb kifejtendő makróhívás.

Figyelem: az alprogram paraméterei, a makró paraméterei és a parancssorból átvett paraméterek három teljesen különböző fogalom! Adódhat feladat, mely során olyan makrót kell írni, amely paraméterül kapja, hogy egy alprogram melyik paraméterei jelentenek fájl-paramétert, és ennek megfelelően kezeli őket...

Egysoros makrók

A makróknak egy egyszerű fajtája az **egysoros makró**. Egyszerűsége abból fakad, hogy egyetlen sorra tud csak kifejtődni, ami legfeljebb egy utasítást tartalmazhat, ezért bonyolultabb kódot nem lehet vele generálni. Az egysoros makrókat a **%define *makrónév tartalom*** vagy a **%xdefine *makrónév tartalom*** kulcsszó vezeti be, utána kell leírni a makró nevét, majd zárójelek között, ha vannak, a **formális paramétereket**, majd a makró törzsét. A formális paraméter szintén szimbólum, egy névvel jelöli meg a paraméter pozícióját; kifejtéskor a törzsben minden előfordulása lecserélődik a makróhívás megfelelő pozícióján szereplő aktuális paraméterre. A makródefiníciók **felüldefiniálhatóak**: az azonos nevű és paraméterszámú makródefiníciók közül az utoljára elemzett van érvényben.

Példa

A tartalomban érdemes megfelelően zárójelezni a paramétereket.

```
%define   helytelen(a, b)     a*b
%define   helyes(a, b)        ((a)*(b))

     mov eax, helytelen(2, 3 + 4)  ; erre fejtődik ki: mov eax, 2 * 3 + 4
     mov eax, helyes(2, 3 + 4)     ; erre fejtődik ki: mov eax, ((2) * (3 + 4))
```

Az első sor is érvényes utasítás, de a programozónak valószínűleg nem ez volt a szándéka.

A **%xdefine** annyiban tér el a %define-tól, hogy míg az utóbbit alkalmazva a makró értéke a szövegszerűen lemásolt törzs lesz, addig az előbbi a törzs kifejtett alakját veszi fel a szimbólum tartalmának, ezért az szövegszerűen nem tartalmaz már makrókat. Ennek akkor van szerepe, ha a definíció és a kifejtés helye között felüldefiniálunk egy olyan makrót, amely szerepel a törzs szövegében: a %define esetében ez hatással lehet az eredeti makróra, a %xdefine esetében nem.

Példa

```
%define   a    1
%define   b    a
%xdefine  c    a
%define   a    2

     mov eax, b           ; erre fejtődik ki: mov eax, 2
     mov eax, c           ; erre fejtődik ki: mov eax, 1
```

A *nullától eltérő* paraméterszámú makrók **túlterhelhetőek** is: érvényben lehet egyszerre több olyan makródefiníció is, amelyeknek ugyanaz a neve, de eltérő a paraméterszáma. A makródefiníciók **nem rekurzívak**: ha a kifejtésen belül újra találkozik az assembler ugyanazzal a makróval, azt nem fejti ki még egyszer.

Az egysoros makrók további, speciális fajtája a fordítási időben történő **értékadás**. A **%assign *szimbólumnév érték*** kulcsszó után egy szimbólumnév következik, majd a sor további része egy *fordítási időben kiértékelhető* kifejezés[15], amely meghatározza a szimbólum felvett, új értékét. Ez hatásában nagyon közel áll ahhoz, mintha %define segítségével hoztunk volna létre egy szimbólumot, a különbség egyrészt abban áll, hogy a %define nem csak számokkal dolgozhat, másrészt pedig a %assign a definíció során **kiértékeli** a kifejezést, ezért tömörebben tudja az assembler ábrázolni. További előnye, hogy ránézésre egyből látszik róla, hogy szám jellegű szimbólummal dolgozunk.

Példa

```
%assign   n    1                     %define   n    1
%assign   n    n+1                   %xdefine  n    n+1
...       ; összesen hússzor         ...       ; összesen hússzor
%assign   n    n+1                   %xdefine  n    n+1

     mov eax, n                           mov eax, n
     ; erre fejtődik ki: mov eax, 21      ; erre fejtődik ki: mov eax, 1+1+...+1
```

Ezzel rokon konstrukció a **konstans szimbólum**. Alakja: ***szimbólumnév* equ *kifejezés***. Fontos, hogy a kifejezésnek *fordítási időben kiértékelhetőnek* kell lennie. A szimbólum felveszi a kifejezés értékét, mintha %assign segítségével definiáltuk volna, azonban innentől nem változtatható meg az értéke.

Példa

```
negyvenketto   equ       4 * 10 + 2

     mov eax, negyvenketto    ; ekvivalens ezzel: mov eax, 42
```

15 konstansok, makrókkal definiált szimbólumok és azokkal végzett műveletek; ha ide egy regiszter, pl. eax nevét írjuk, az nem hiba, de a fordítóprogram érdeklődni fog, hogy mi az eax *szimbólum* tartalma, ha nem definiáltuk

Többsoros makrók

Bonyolultabb működés leírására alkalmasak a **többsoros makrók**. Ezek törzsét a **%macro** és a **%endmacro** (rövidíthető: **%endm**) kulcsszavak közé lehet leírni. A kulcsszavakat külön sorba kell írni; a %macro kulcsszó után a sorban következik a makró neve, a paraméterek száma, és ha vannak, az alapértelmezett paraméterek.

Makródefiníciókat törölni – akár egysorosakat, akár többsorosakat – **%undef** *makrónév* leírásával lehet.

A **paraméterek számának** alakjai a következők lehetnek.

- egyetlen szám: pontosan ennyi paraméterrel kell meghívni a makrót
- két szám kötőjellel elválasztva: a paraméterszámnak bele kell esnie ebbe a (zárt) intervallumba
    - a paraméterek száma valójában a második szám; meg kell adni vesszőkkel elválasztva, milyen értékeket vegyenek fel azok a paraméterek, amelyeket a makróhívás nem adott meg explicit módon
- egy szám, kötőjel és csillag: a paraméterszám legalább annyi, mint az első szám, felső korlát nincs
    - a makró törzsének írásakor nem ismert, hány paramétert kapott
    - az **aktuális paraméterek számát %0** tartalmazza.

A makrókat lehetséges specializálni is, azaz egyes paraméter-kombinációkhoz külön kódot is meg lehet adni.

A **formális paraméterekre**, mivel most nincsenek névvel ellátva, **%1**, **%2** stb. leírásával lehet hivatkozni a törzsben. Főleg többsoros makrók használatánál fordul elő, hogy **vesszőt is tartalmazó paramétereket** is át szeretnénk adni. Ezeket *kapcsos zárójelek* közé kell tenni híváskor, mert különben az assembler külön makróparamétereknek nézné őket. Amikor a törzsben felhasználjuk őket, már nincs körülöttük a kapcsos zárójel, ezért ha egy másik makrónak szeretnénk átadni őket, akkor ismét be kell kapcsos zárójelezni őket.

Példa

```
%macro egyop 2
     %1 %2
%endm

     egyop inc, eax

; erre fejtődik ki:  inc eax
```

```
%macro ketop 3
     %1 %2, %3
%endm

     ketop mov, eax, ebx

; erre fejtődik ki:  mov eax, ebx
```

```
%macro hanyop 1-*
     mov eax, %0 - 1
%endm

     hanyop 1, 2, 3, 4, 5

; erre fejtődik ki:  mov eax, 5 - 1
```

Feltételes ugró utasítások feltétel-részét is átadhatjuk makróparaméterként, a makró törzsében pedig a j betű után fűzve megkapjuk a megfelelő feltételes ugró utasítást. A j betű után **%-1** fűzésével az ellentétes hatású ugró utasítást kapjuk; természetesen 1 helyett tetszőleges sorszám szerepelhet.

Példa

```
%macro felteteles 5
     cmp %1, %2
     j%+3 %4
     j%-3 %5
%endm

     felteteles eax, ebx, ne, .nem_egyenlo, .egyenlo

; erre fejtődik ki:    cmp eax, ebx
;                      jne .nem_egyenlo
;                      je .egyenlo
```

A **makróra lokális szimbólumokat %%*szimbólumnév*** alakban készíthetünk. Ezek a makró kifejtése során egyedi nevekre fordulnak le, vagyis a makró két kifejtésével különböző neveket kapunk ugyanabból a lokális szimbólumból. Ennek akkor van szerepe, ha címkékre vagy számítások végzéséhez szimbólumokra van szükségünk, azonban azt szeretnénk, hogy a makró kifejtése előtt definiált szimbólumokat a kifejtés után is fel lehessen használni: a makró ne változtassa meg őket. Ezért nem egy véletlenszerűen választott szimbólumnevet használunk a makrón belül, amelyről nem tudjuk, létezik-e már, és kockáztatjuk, hogy felülírjuk, hanem egy olyan lokális nevet vezetünk be, amelyről az assembler garantálja, hogy a makrón belül jelenik meg először.

Százalékos prefixszel csak konkrét makróparaméter-pozíciókra lehet hivatkozni. Nem konstansként megjelenő (pl. paraméterként kapott) indexű makróparamétert a **makróparaméterek forgatásával** lehet elérni. Tipikusan ilyen eset áll elő, amikor egy nemkorlátos paraméterszámú makró paramétereit szeretnénk elérni. Ennek eszköze a **%rotate** kulcsszó: utána egy *fordítási időben kiértékelhető* kifejezést írva megváltoztathatjuk a makróparaméterek sorrendjét. Például %rotate 3 hatására %1 az eddigi %4 értékét veszi fel, %2 %5-ét stb., illetve a régi %1, %2 és %3 innentől %9, %10 és %11-ként érhetőek el, ha összesen tizenegy paraméterünk volt. A %rotate után negatív szám is állhat, ekkor a másik irányba forognak a makróparaméterek.

Példa			Hibás	

	mov eax, %1 + %2
	push %5
		db %3, %2, %4	xor eax, %xyz
			sub ecx, %%%a
			add edx, %{%%b}
				inc %%0
				mov eax, %{%0}

Ha a forráskód egy részét szeretnénk konstans sokszor megismételni, a **%rep** és **%endrep** kulcsszavak között írhatjuk le. A %rep után *fordítási időben kiértékelhető* kifejezésként kell megadni, hányszor akarjuk kifejteni az ismétlendő kódrészletet. Ez a konstrukció makrókon kívül is használható, azonban a leggyakrabban nemkonstans paraméterszámú makrók paramétereinek bejárására alkalmazzák úgy, hogy a mag utolsó sora egy %rotate-tel forgatja a makróparamétereket.

Példa

Írjunk olyan makrót, amely a kapott paramétereinek összegét számolja ki eax regiszterbe!

```
%macro osszeg 0-*
     %define %%masikmakro %1
     %define %%kezdet %2
     %define %%darab %3
     %rotate %%kezdet + 2
     %rep %%darab
          %%masikmakro %1
          %rotate 1
     %endrep
%endm

     forgat mar_definialt_makro, 2, 3, ″a″, ″b″, ″c″, ″d″, ″e″, ″f″, ″g″

; ennek hatására a következő makróhívások keletkeznek a kódban:
;          mar_definialt_makro ″b″
;          mar_definialt_makro ″c″
;          mar_definialt_makro ″d″
; azok pedig továbbfejtődnek annak a makrónak a kódja szerint
```

Feltételes fordítás makrókkal

Gyakran előfordul, hogy egy kódrészletet csak akkor akarunk belefordítani a kódba, ha valamilyen *fordítási időben kiértékelhető* kifejezés teljesül. Természetesen ezt kézzel is meg tudnánk tenni, azonban nagyon kényelmes lehet, hiszen így a forráskód egyetlen pontját megváltoztatva több helyen is megváltoztathatjuk a program működését. Jellemző alkalmazás a hibakeresés, amikor egy hibakereső szimbólumot átállítva, annak tartalmától függően, a kódba különböző hibakezelési, naplózási stb. részletek is belekerülnek a megfelelő pontokon.

Az általános feltételes fordítást a **%if *feltétel*** konstrukcióval végezhetjük. Ennek hatására az ettől az **%endif** kulcsszóig terjedő kódrészlet csak akkor jelenik meg a kódban, ha a feltétel fordítási időben igazra értékelődik ki. A feltételes fordításhoz további ágakat írhatunk **%elif *feltétel*** alakban, illetve lezáró ágat **%else** alakban.

Példa

```
%macro eliranyit 3-5
     %if %0 = 3
          %1 %2, %3
     %elif %0 = 4
          %1 %2, %3, %4
     %else
          %1 %2, %3, %4, %5
     %endif
%endm

     eliranyit hivott_makro, 1, 2
     eliranyit hivott_makro, 1, 2, 3
     eliranyit hivott_makro, 1, 2, 3, 4
```

; ennek hatására az első paraméterben megadott makrónak mindig a megfelelő paraméterszámú változata
; hívódik meg

Hasonló konstrukciókkal ellenőrizhetjük makrók létét. Egysoros makrók létének vizsgálatára alkalmas az ***%*****ifdef *makrónév***, amelyet előszeretettel alkalmaznak a fent említett hibakeresésre; ennek a további ágait ***%*****elifdef *makrónév*** alakban adhatjuk meg. Többsorosakat az ***%*****ifmacro *makrónév paraméterszám*** segítségével vizsgálhatunk, ahol a paraméterszám lehet egy konkrét szám, illetve egy intervallum.

A fentiekben hasznos lehet a **%error *üzenet*** direktíva, amely fordítási időben kiírja az utána megadott üzenetet.

Példa

```
%macro ellenor 2
     %ifdef %1
          %1 %2
     %else
          %error Nem talalhato a makro: %1
     %endif
%endm

     eliranyit nem_letezo_makro, 12456
```

; ennek hatására a fordítóprogram ezt írja ki:

```
a.asm: warning (ellenor:4) Nem talalhato a makro: nem_letezo_makro
```

Még egy hasznos direktíva: fájlt beilleszteni a forráskód adott pontjára így lehet: **%include "*fájlnév*"**.

Példa

Írjunk olyan makrót, amely tetszőlegesen sok paramétert kaphat. A paraméterek alprogramok címei, amelyek egy duplaszavas paramétert várnak. A makró generáljon olyan főprogramot, amely sorban meghívja az alprogramokat. A főprogram paraméterei 2 karakteren ábrázolt decimális számok; ha van elég parancssori paraméter, akkor az n-ediknek meghívott alprogram kapja paraméterként az n-edik parancssori paraméter értékét, ha nincs, akkor nullát.

```
%macro  alprogramhivo    0-*
main
    %assign    %%i        0

    %rep %0
        mov    edx,       [ebp+12]
        mov    edx,       [edx+4+4*%%i]
        mov    al,        [edx]
        mov    cl,        10
        mul    cl
        add    al,        [edx+1]
        cmp    dword [esp+4], %%i + 1
        setbe  dl
        dec    dl
        and    al,        dl
        movzx  eax,       al
        push   eax
        call   %1
        add    esp,       4

        %rotate           1
        %assign           %%i  %%i + 1
    %endrep
%endm
```

Feladatok

1. Írd meg az adc utasítást általánosan, kétparaméteres makróként. Az utasítás leírása egy korábbi feladatban szerepel.

2. Mit kapunk, ha kiíratjuk az adat címke tartalmát?

```
%macro rajzol 4
     db   %1
  %rep %2
     db   ' '
  %endrep
     db   %3
  %rep hossz - ( 2 * %2 )
     db   %4
  %endrep
     db   %3
  %rep %2
     db   ' '
  %endrep
     db   %1
     db   0ah
%endmacro

     %define hossz   7

adat.a
     rajzol ' ', 1, 'v', 'v'
     rajzol ' ', 0, '=', '='
     rajzol '|', 2, 'X', 'X'
     rajzol '|', 0, ' ', ' '
     rajzol '|', 2, '~', '-'
     rajzol '|', 0, ' ', ' '
     rajzol ' ', 0, 'V', '-'

     db   0
```

```
%macro rajzol 5
     db   %1
  %rep %2 - 1
     db   ' '
  %endrep
     db   %3
  %rep %4 - %2 - 1
     db   ' '
  %endrep
     db   %5
  %rep hossz - %4 - 1
     db   ' '
  %endrep
     db   %1
     db   0ah
%endmacro

%assign hossz 8

adat.b
  %assign i 0
  %rep 3
     rajzol ' ', 4 - i, '/', 5 + i, '\'
     %assign i i + 1
  %endrep

     db   '+'
     db   '-------'
     db   '+', 0ah

     rajzol '|', 5, 'o', 6, 'o'
     rajzol '|', 5, 'o', 6, 'o'
     rajzol '|', 1, ' ', 2, ' '
     rajzol '|', 4, '|', 5, '|'

     db   '========='
     db   0
```

3. a. Készíts deriváló makrót. A makró tetszőleges számú paramétert kaphat, amelyek egy polinom együtthatóit adják. A makró tegye a verembe sorban a polinom deriváltjának együtthatóit szavakként! A deriválás szabálya:

$$(c \cdot x^n)' = c \cdot n \cdot x^{n-1}$$

b. Készíts integráló makrót a deriváló makróhoz hasonlóan. A konstans tagot nem kell figyelembe venni. Feltehető, hogy minden kapott együttható egész szám.

Példa

A derival 1, 5, -4, 6 makróhívás esetén a polinom $1 \cdot x^3 + 5 \cdot x^2 - 4 \cdot x^1 + 6 \cdot x^0$, a derivált $3 \cdot x^2 + 10 \cdot x^1 - 4 \cdot x^0$, a vermelendő duplaszavak tehát 3, 10, -4.
Az integral 6, -2, 3 hívás esetén az integrál $2 \cdot x^3 - 1 \cdot x^2 + 3 \cdot x^1 + c$, a vermelendő duplaszavak: 2, -1, 3.

4. Készíts torpedó programot.

a. Az adatok generálása makróval: egy olyan byte-tömböt kell létrehoznia, amely a paraméterként kapott pozíciókon 1-et (van hajó), különben 0-t (nincs hajó) tartalmaz. A makró tetszőleges számú paraméterrel hívható, a pozíciók sorrendben egymás után jönnek.

Példa A hajo 2, 4, 7, 8, 9, 11 makróhívás szerint a következő tömböt kell kapnunk:

```
db   0, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 1, 1, 1, 0, 1
```

b. A program menete:

- mi lövünk
  - beolvassuk a bemenetről, melyik pozícióra lövünk
  - meghívjuk az int mi_lovunk(int pozíció) szignatúrájú C függvényt vele
    - ha az egyet ad vissza, találatot értünk el
    - ha kettőt, egyúttal az ellenfél minden hajója elsüllyedt. Ekkor hívjuk meg a void nyert(void) szignatúrájú C függvényt, majd lépjünk ki.
    - különben nincs találat
- ők lőnek
  - az int ok_lonek(void) szignatúrájú C függvény adja meg, melyik pozícióra lőttek
    - ha volt ott hajónk, elsüllyed (nullázódik a pozíció)
    - ha minden hajónk elsüllyedt, hívjuk meg a void vesztett(int *általunk_kilőtt_hajók_száma*) szignatúrájú C függvényt, és lépjünk ki.

5. Írj olyan makrót, amely 1 + legalább még 2 paramétert vár, és olyan kódot generál, amely eldönti, hogy a paraméterek (amelyek regiszterek és memóriatartalmak lehetnek) szigorúan növekvő sorrendben vannak-e. Amennyiben nem, akkor ugorjunk az első paraméterben megadott címkére.

Példa Ha így hívjuk meg: `vizsgal címke, eax, {dword [x]}, esi`
akkor azt kell megvizsgálnia a kódnak, hogy `eax < dword [x] < esi` teljesül-e.

6. Adott egy exp nevű, háromparaméteres makró: exp x, 3, 4 beállítja az x szimbólumot 34 értékére. Készítsd el az ellenor n, m makrót, ami ellenőrzi, hogy minden k-ra egytől m-ig helyesen számítja-e ki az exp makró nk-t. Azt kell megvizsgálni, hogy a makrót két szomszédos k-ra meghívva, a nagyobb érték megegyezik-e a kisebb érték n-szeresével. Ha jól működik a makró, állítsuk be az ok szimbólumot egyre, ha pedig nem, akkor szüntessük meg az ok szimbólumot.

7. Adott egy Fibonacci nevű, kétparaméteres makró: Fibonacci x, 4 beállítja az x szimbólumot a negyedik Fibonacci-szám értékére. Készíts olyan egyparaméteres makrót, ami ellenőrzi, hogy a kapott paraméteréig jól működik-e a Fibonacci makró. Azt kell megvizsgálni, hogy a kezdőértékek jók-e, és hogy három szomszédos számra meghívva a makrót, a két nagyobbik kapott érték különbsége megegyezik-e a legkisebbel. Ha jól működik a makró, állítsuk be az ok szimbólumot egyre, ha pedig nem, akkor szüntessük meg az ok szimbólumot.

8. Írj olyan makrót, amely tetszőleges számú paramétert vár, és olyan kódot generál, ami megfordítja azokat a biteket eax-ben, amelyek sorszámát paraméterként kapta. A generált kód több utasításból is állhat, de minden egyéb regiszter értékét meg kell tartania.

Példa Ha eax tartalma kezdetben `01110101011110101011110110101010`,
akkor `fordit 1, 16, 3, 31` után **1**11101010111101**1**101111011010**0**0**0**0 lesz eax új tartalma.

A program fordításának menete

Amikor elkészült a program forráskódja, át kell alakítanunk futtatható állománnyá. Ennek első lépcsőjében hívjuk meg az assemblert, amely még csak egy közbülső formátumot, **tárgykód**ot állít elő. A tárgykód már gépi kódot tartalmaz, de még nincsen készen: más tárgykódokban levő memóriacímekre való utalások lehetnek benne, és ezek csak a következő fázisban, az **összeszerkesztés** során válnak ismertté. A szerkesztőprogram (linker) feladata az, hogy mindezen információk segítségével összeállítsa a végső, futtatható fájlt.

A mi esetünkben az assembler neve **nasm**. A következő paramétereit használjuk a könyvben.

- meg kell adni az elkészítendő tárgykód-formátumot a **-f *formátum*** kapcsolóval: számunkra ez mindig **elf** lesz
- meg kell adni a **forrásfájl**t, amelynek a kiterjesztését általában **.asm**-nak választjuk
- ha szükségünk van rá, készíthetünk listafájlt a **-l *listafájl-neve*** kapcsolóval
- megadhatjuk a kimeneti fájl nevét a **-o *fájlnév*** kapcsolóval, alapértelmezés szerint ez a fájl neve .asm helyett .o kiterjesztéssel

Szerkesztőprogramnak a **gcc**-t használjuk[16]. Paraméterei közül csak a tárgykód-fájl nevét kell megadnunk. Ez létrehozza a futtatható fájlt, amely az **a.out** nevet kapja, ha felül nem bíráljuk a **-o *fájlnév*** kapcsolóval. Ha mindent jól csináltunk, már csak futtatni kell az elkészült fájlt.

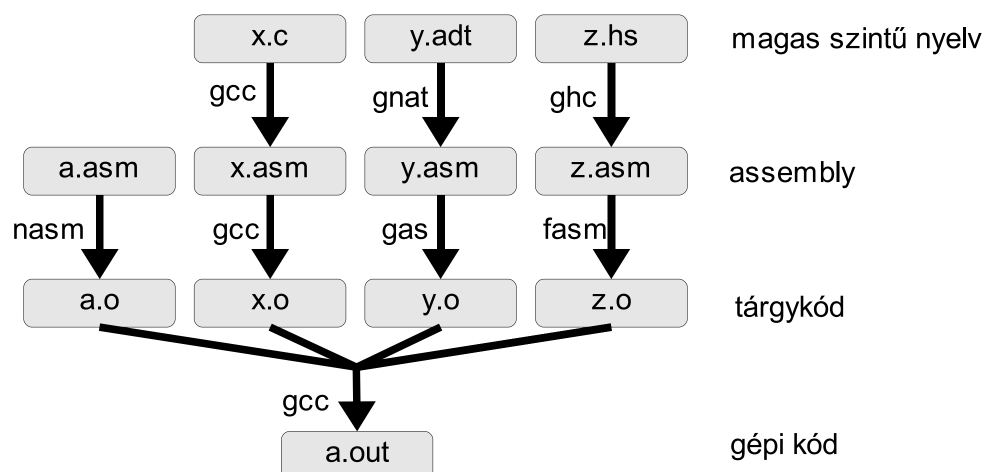
Összefoglalva: a következő parancsokra lesz szükségünk egy assembly fájl fordításához.

nasm -felf *fájlnév.asm*
gcc *fájlnév.o* -o *fájlnév*
./*fájlnév*

Amennyiben a program több tárgykódból áll, akkor a második lépés a következő alakú.

gcc *fájl1.o fájl2.o fájl3.o* -o *futtatható_állomány_neve*

Ha egy másik (akár más programnyelven megírt) fájlban akarjuk felhasználni valamelyik címkénket, akkor azt a **global *címkenév*** direktívával kell megjelölni.[17] Mivel a címkenév nem tartalmaz információt a címkén tárolt adat vagy kódrészlet típusáról, ezeket a programnyelvben az importálás során leírt deklarációval kell elérhetővé tenni. Fordítva, ha egy másik tárgykódból használunk fel egy címkét, akkor azt az **extern *címkenév*** direktívával kell jelezni.



16 A gcc többek között C nyelvről assemblyre fordító fordítóprogramként is működik. Fordítsunk le egy tetszőleges, egyszerű C programot a -S kapcsolóval! Ez egy más szintaxisú assemblyre fordít, mint a könyvben tárgyalt nasm.
17 Mivel a főprogramnak mindig láthatónak kell lennie kívülről, a főprogram kódjában szerepelnie kell a **global main** sornak.

A gépi kód szerkezetéről

Egy utasítás gépi kódja (ami egy bitsorozat) több mezőre bontható. Általában vagy egy byte osztódik több mezőre, vagy egy mező tartalmaz több byte-ot. Az utasítás következő bitjeinek értelmezése (milyen mezőkből áll) függhet az előző mezők értékétől.

Az utasítások gépi kódjának legfontosabb mezője az operációs kód (röviden opkód). Ez dönti el, hogy milyen utasításról van szó. Közeli kapcsolatban áll a mnemonikkal, de mégis különböznek: a mov jelenthet 8, 16 vagy 32 bites adatmozgatást, az opkód azonban ezt az információt is tartalmazza. Az opkód maga is tartalmazhat mezőket, például a duplaszavas adatot megnövelő inc egy byte-os gépi kódjának alsó három bitje azt kódolja, hogy melyik regisztert növeljük meg. A byte operandusú inc gépi kódja ezzel szemben két byte hosszú.

Az utasítások dekódolását tovább nehezíti, ha egyes mezők vegyesen értelmezettek. Egyes utasításoknál ugyanis előfordul, hogy egy mező lehetséges értékei közül egy adott bitminta speciális jelentést kap, a mező egyéb értékei pedig valamilyen más logika szerint szerveződnek. Például: az általános célú regisztereket el lehet kódolni három bit segítségével. Ilyen mezők szerepelnek majdnem minden utasítás gépi kódjában, mert a legtöbb utasításnak van regiszter operandusa, vagy tartalmazhat regiszteren keresztüli memóriahozzáférést. Azonban az [ebp] memóriacímzés nem kódolható el közvetlenül: legfeljebb egy regisztert használó memóriacímzés esetén az az érték, amely más esetekben ebp regisztert jelképezi, fenn van tartva a direkt (csak konstanssal való) memóriacímzés számára. Ezt a címzést más, ekvivalens módon kell elkódolni, [ebp+0] alakban.

Példa

```
0100 0000                                inc eax
0100 0001                                inc ecx
0100 0010                                inc edx
0100 0011                                inc ebx
0100 0100                                inc esp
0100 0101                                inc ebp
0100 0110                                inc esi
0100 0111                                inc edi
```

Az utasítás most csak az opkódból áll. Az alsó három bit jelöli ki, hogy melyik regiszterről van szó.

```
1111 1111  0000 0000                     inc dword [eax]
1111 1111  0000 0110                     inc dword [esi]
```

A második byte alsó három bitje a fentihez hasonló szerepet tölt be.

```
1111 1111  0000 0101
 0111 1000  0101 0110  0011 0100  0001 0010
                                         inc dword [0x12345678]
```

A kivételes eset az, ami az előbb ebp regisztert kódolta. Memóriahozzáférés esetén az 101 bitsorozat a direkt címzés számára van fenntartva. Ekkor az utasítás kódjához tartozik még egy négy byte hosszú mező is, ahol maga a konstans jelenik meg.

```
1111 1111  0100 0101  0000 0000   inc dword [ebp]
1111 1111  0100 0110  1010 1011   inc dword [esi+0xAB]
```

Az assembler mégis le tudja fordítani az utasítást, ha csak ebp regiszterrel címzünk. Úgy tekinti, mintha egy nulla konstanssal eltoltuk volna a címet. A második byte 6. bitje jelzi azt, hogy a címzésben konstans is szerepel. Maga a konstans egy egy byte-os mezőn kap helyet. Ebben a konstrukcióban ebp ismét a többi regiszterhez hasonlóan van kódolva.

CISC-elvű architektúrák

A korai számítógépek számítási kapacitása alacsony volt, lassú a memória-hozzáférésük és kevés a memóriájuk, ezért tömör és hatékony kódot kellett rájuk készíteni. Ennek támogatására az utasításkészleteket úgy tervezték, hogy az egyes utasítások összetett számításokat legyenek képesek végrehajtani, amelyek gyakran megvalósíthatóak voltak más utasításokból alkotott rövid kódrészletekkel is. Innen ered a megközelítés neve: Complex Instruction Set Computer, röviden **CISC**. Egy példa erre az IBM 360-as nagygép, amelynek egyik utasításával egy bináris fa adatszerkezetet lehetett kiegyensúlyozni.

A kódot az is tömörebbé tette, hogy bonyolult címzések segítségével egy utasítással lehetett adatelemeket lehetett egy lépésben elérni.

Példa

Az x86 architektúrán, ha nem használhatnánk az összetett címzéseket, a következő kifejezést sokkal hosszabb kóddal tudnánk csak megvalósítani.

```
mov eax, [ecx+4*esi+28]
```

```
mov eax, ecx
mov ebx, esi
shl ebx, 2
add eax, ebx
add eax, 28
mov eax, [eax]
```

Természetesen a CISC architektúrájú gépek által végrehajtott gépi kód összetettsége is tükrözi a fentieket. Az egyszerű utasítások gépi kódú alakjában sokkal kevesebb információnak kell megjelennie, mint az összetettekében. Az architektúrák tervezőinek logikus döntése alapján ezért a gépi kódjuk is rövidebb. Így viszont a gépi kód végrehajtás előtti dekódolása bonyolultabbá válik, hiszen még az az információ sem áll rendelkezésünkre előzetesen, hogy hány byte alkotja a következő utasítást. Ebből következően a processzorok belső szerkezete is bonyolultabb, mivel ott találhatóak az utasítások dekódolását végző áramkörök is. Az x86 architektúrán 1 és 15 byte közötti hosszúságú utasítások fordulhatnak elő.

RISC architektúrák

Az 1980-as évekre nyilvánvalóvá vált, hogy a programok túlnyomó többsége fordítóprogram segítségével készül. Kiderült, hogy a fordítóprogramok kódgenerálás során általában nem használják ki a CISC architektúrák teljes kínálatát. A hardver sebessége és tárolókapacitása is rohamosan növekedett.

A **RISC** (Reduced Instruction Set Computer) elvű architektúrákat az új hardveres kritériumoknak megfelelően tervezték. Az utasítások többsége gyorsan – tipikusan egy órajel alatt – hajtható végre. Az utasítások egyszerű szerkezetűek, jellemzően minden utasítás gépi kódja azonos hosszúságú. Az utasítások szerkezete egyszerű, kevés mezőt tartalmaznak, az utánuk következő mezők szerkezetét lehetőleg nem módosítják, ebből következően könnyen dekódolhatóak. Az egyszerű szerkezet csak egyszerű címzéseket tesz lehetővé.

Az x86 architektúra modern gépeinek processzora RISC elveken alapuló magra épül, amely értelmezi és végrehajtja azt a CISC kódot, amely a külvilág számára látható módon hajtódik végre a processzoron. Ezt a kétszintű felépítést mikroarchitektúrának nevezzük.

Listafájl

Az assembler által generált kódot a **listafájlban** tudjuk megtekinteni. Ezt a nasm **-l *listafájl*** kapcsolójával tudjuk létrehozni. A listafájl a tárgykód speciális nézete, amely a következőket tartalmazza.

- minden sor elején a sorszámát,
- a kódsor eltolását az utoljára megkezdett szegmens kezdetétől,
- a kódsorból generált byte-okat,
- a forrásprogramszöveget eredeti alakjában, soronként,
- a makrókifejtések szintjét.

A listafájlban megjelenő számok hexadecimális számrendszerben vannak kódolva (a sorszámot kivéve). A listafájlból nem tudjuk közvetlenül kiolvasni az utasítások mezőinek szerkezetét, mivel csak a generált byte-ok hexadecimális alakja jelenik meg benne.

Példa

sorszám	cím a szegmens kezdetétől	lefordított kód (byte-ok)	az eredeti assembly kód változtatás nélkül
1			
2			section .text
3			global main
4			
5			main
6	00000000	B804000000	mov eax, 4
7	00000005	BB01000000	mov ebx, 1
8	0000000A	B9[00000000]	mov ecx, szoveg
9	0000000F	BA04000000	mov edx, 4
10	00000014	CD80	int 0x80
11			
12	00000016	B801000000	mov eax, 1
13	0000001B	BB00000000	mov ebx, 0
14	00000020	CD80	int 0x80
15			
16			section .data
17			
18	00000000	48656C6C6F20	szoveg db "Hello "
19	00000006	56696C61670A	db "Vilag", 0xA

A program betöltése

A listafájlban és a tárgykódban nem a kód végleges alakja szerepel. Amikor a kódban egy memóriahivatkozás található, a fordítóprogram több okból sem tudja a kódot végső alakban generálni.

Egyrészt előfordulhat, hogy a memóriahivatkozás egy másik tárgykódban szereplő címkére vonatkozik, amelyet az extern kulcsszóval jelöltünk meg. A címke pontos címét addig nem tudjuk eldönteni, amíg a másik tárgykódot nem generáltuk. Ezért olyan forrásfájlból, amely külső hivatkozásokat tartalmaz, nem lehet listafájlt készíteni.

Másrészt még akkor is, ha minden címkénk ismert, a generált kód nem a végleges címeket tartalmazza. A program betöltésekor a kód- és adatszegmenseket a futtató környezet beolvassa és elhelyezi a memóriában. A szegmensek általában nem a 0 kezdőcímre kerülnek, ezért az összes rájuk vonatkozó memóriahivatkozáshoz hozzá kell adni a szegmens kezdőcímét. Ezért a kódszegmensben található mindegyik, az adatszegmensben levő adatokat elérő memóriahivatkozásból generált kódot módosítani kell. Ezt **relokációnak** nevezzük.

Hibakeresés a programban

A programok elkészítése során általában elsőre nem sikerül tökéletes munkát végezni. Előfordulhatnak egyszerűbb hibák, például lemarad egy záró zárójel; ezeket a fordítóprogram képes jelezni még azelőtt, hogy futtatható állományt állítana elő a kódból. Nagyobb fejtörést okoz azonban az, ha a program lefordul, elindul, viszont a végrehajtás során mást csinál, mint amit a programozó elvár tőle. Ekkor meg kell keresni a hiba forrását, majd javítani kell.

A hiba megkeresésére egy kézenfekvő módszer, ha a program egyes pontjain jól látható módon szövegeket íratunk ki, amelyek jelzik számunkra, hogy a futás elérte az adott kódrészt. Ez a megközelítés azonban nehézkes, és kevés információt ad a hiba felmerülése időpontjában a regiszterek és a memória tartalmáról. Erre a célra külön **hibakereső** szoftvereket, angolul **debugger** programokat fejlesztettek ki. A továbbiakban a **gdb** hibakereső néhány funkcióját tekintjük át. Ha grafikus hibakeresőre van szükségünk, a ddd programot használhatjuk.

Tegyük fel, hogy a következő programban szeretnénk hibát keresni. A program eredetileg az első nyolc természetes számot írná ki egy-egy sorban, de elrontottuk.

Fordítsuk le a programot a szokásos módon, majd indítsuk el a hibakeresőt a

```
gdb
```

paranccsal. Ekkor egy megkapjuk a hibakereső parancssorát. Minden parancs az egyértelműségig rövidíthető, ezt aláhúzással jelöljük a továbbiakban. Segítséget a <u>h</u>elp paranccsal tudunk kérni.

```
  section .text
  global main

main
  mov ecx, 0

.ciklus
  cmp ecx, 8
  je .vege

  push ecx
  call kiir
  add esp, 4

  dec ecx
  jmp .ciklus

.vege
  mov eax, 1
  xor ebx, ebx
  int 0x80
```

```
kiir
  push ebp
  mov ebp, esp

  push ecx

  mov eax, 4
  mov ebx, 1
  mov ecx, adat
  mov edx, 2
  int 0x80

  pop ecx

  mov esp, ebp
  pop ebp
  ret

  section .data

adat  db   "0"
      db   0xA
```

Először is töltsük be a programot.	file kiiro
Ahhoz, hogy a nasm-hoz hasonló formátumban írja ki a hibakereső az adatokat, adjuk ki a következő parancsot.	set disassembly-flavor intel
Először is nézzük meg a betöltött programot. Ehhez a következő két parancsot adjuk ki.	disassemble main disassemble kiir
Az első parancs a main címkétől a kiir címkéig írja ki az utasításokat, a második pedig a megadott címkét (jelen esetben a kiir-t) körülvevő függvényt írja ki, ami most pont a kiir függvény lesz. Pontosan ugyanezt a kimenetet kapnánk például a disas kiir+3 parancs eredményéül. Ha a main.ciklus-t szeretnénk kiíratni, egyszeres idézőjelek közé kell tennünk. Kényelmesen használható a tab gombbal az automatikus kiegészítés.	disassemble kiir+3 disassemble 'main.ciklus'
Definiáljunk egy megszakítási pontot a program kezdetén. Lokális címkére így lehet megszakítási pontot definiálni: break *'main.vege'	break main
Ezután indítsuk el a programot, amely rögtön fenn is akad a megszakítási ponton. A programnak átadandó paramétereket a parancs után kell leírni.	run
Hajtsuk végre lépésenként a programot. Ehhez a ni (következő utasítás, next instruction) parancsot alkalmazzuk. Csak egyszer szükséges begépelni, mivel üres parancssorban egy enter leütésével meg lehet ismételni az előző kiadott parancsot. Az ni-nek megadható, hány utasítást futtasson le egyszerre.	ni ni 50
A sok kiadott ni hatására látszik, hogy a programunk ciklizálni kezd: ugyanazok a címek tűnnek fel sorban. Tegyük fel, hogy az a gyanúnk támadt, hogy a kiir függvényben van a gond; ekkor a stepi segítségével úgy hajtjuk végre a programot lépésenként, hogy a meghívott alprogramokba belépünk.	stepi
Sajnos, ez sem segített, de újabb ötletünk támadt: mivel a kiir-t megnézve az jónak tűnik, megvizsgáljuk, megfelelő paraméterrel hívtuk-e meg. A hibakeresőben felvesszük az ecx regisztert figyelt értéknek. A hibakereső sajátossága, hogy a regiszterek neveit a dollár prefixszel kell ellátni.	display $ecx
A hibakövetést tovább könnyítendő, beállítjuk, hogy a hibakereső minden lépés után jelezze ki a következő utasítást. A /i formátumkód azt jelzi, hogy utasítást íratunk ki, az eip pedig az a számunkra el nem érhető regiszter, amely az aktuális utasítás címét tartalmazza.	display/i $eip
Innen, folytatva a léptetést, megállapítjuk, hogy a paraméter megfelelő, azonban a kiírás mégsem jó. Kilépünk a hibakeresőből, és ecx elvermelése után betoldjuk a következő sort. mov [adat], cl	quit
A hibakeresés kezdete után látszik, hogy most már valóban különböző karakterek jelennek meg, de ezek nem a 0, 1, … számok. Kapcsoljuk folytonos megjelenítésre az adat címkét, hiszen ennek a tartalmát írjuk ki. A /c kapcsoló azt jelzi, hogy karakteresen jelenítünk meg.	display/c adat
Egy idő után észrevesszük, hogy a karakterek nem növekednek, hanem csökkennek, ezért át kell írnunk a main.ciklus-ban a dec ecx utasítást inc-re. Ezután még az is kiderül, hogy elfelejtettük, hogy a karakterkódolás szerint a számjegyek nem a nulla pozícióról indulnak, hanem 30h-ról, ezért a kiir függvényben ecx vermelése után még meg kell növelnünk cl-t a következő utasítással. add cl, 30h A program készen van.	

Gyakran előforduló hibák

Az alábbiakban következik néhány, zárthelyi dolgozatokban gyakran előforduló hiba leírása. Ha adható rövid példa, dőlt betűvel szedve egy-egy konkrét előfordulást mutatunk be, majd pedig egy konkrét javítást. Csak az assemblyhez közvetlenül kapcsolódó hibák szerepelnek, így pl. a kiolvashatatlan kézírás, a feladat félreértése, csak speciális esetekre megoldott feladat stb. nem.

1. Nem elsősorban assembly vonatkozású, de a **kiolvashatatlan kézírás** következtében sokszor nem egyértelmű, hogy melyik regiszterről van szó, mennyi a leírt konstans értéke stb.

2. **Szintaktikai hibák.**
   a) **Számábrázolás.**
      i. **Betűvel kezdődő hexadecimális szám elejéről lemarad a nulla**.
      ii. **Hexadecimális szám végéről lemarad a »h« betű** (és az elején sincsen 0x).
   b) Utasítások operandusai közül lemarad a **vessző**.

3. **Az adatok mérete nem megfelelő**.
   a) **A regiszterek méretének eltévesztése.**

      Az al regiszter 4 bitesként kezelése.

   b) **Az utasítás operandusainak mérete nem egyezik meg** (kivéve movsx és movzx, ahol éppen eltérőnek kell lenniük).

      mov eax, bl → ***mov eax, ebx*** vagy ***mov al, bl***

   c) **Nem megfelelő adathosszat** használunk adatok definiálásához.

      Duplaszavas adatot szeretnénk definiálni, de csak szavas adatterületet foglalunk le.

      adat resw 1 → *adat* ***resd*** *1*

   d) A **memóriához való hozzáférés** nem a megfelelő adathosszúságban történik. Ritka esetekben szándékosan tehetünk ilyet, de általában ez hiba.

      Olyan címre, amelyen duplaszavas méretű adat van eltárolva, byte hosszan írunk.

      adat dd 0

      mov [adat], al → *mov [adat],* ***eax***

      Természetesen az is helytelen, ha ugyanarról a címről például szó hosszan próbálunk olvasni.

      mov ax, [adat] → *mov* ***eax****, [adat]*

4. *Adatábrázolás.*
   a) *Szám ábrázolásánál az (előjel nélkül ábrázolt) szám konstans és a számjegy karakter összekeverése. Pl. szövegesen leírt szám (számjegyeket tartalmazó string) konverziójánál minden karaktert előbb előjel nélkül ábrázolt számmá kell alakítani. Ezt legegyszerűbben a 0 számjegy kódjának levonásával lehet elérni. Ez a módszer kihasználja, hogy a számjegyek karakterkódjai sorrendben találhatóak.*

5. **Szegmensek.**
   a) A **szegmenshatárok jelölése lemarad.**
   b) **Kódszegmensben adat, adatszegmensben kód szerepeltetése.** Az előbbi ekvivalens azzal, mintha gépi kódot írnánk kézzel.

c) Az **inicializált és inicializálatlan adatszegmens összekeverése** (.data és .bss), a másikba való adatok szerepeltetése.

6. **Utasítások operandusai.**

a) **Adathossz explicit megadása hiányzik**, amikor ez nem derül ki máshonnan, pl. kétoperandusú utasítás esetén a másik operandusból.

mov [eax], 2 → ***mov dword [eax], 2*** vagy ***mov word [eax], 2*** vagy ***mov byte [eax], 2***

b) **Nem megfelelő számú vagy fajtájú operandus** megadása utasításhoz.

Az alábbiakban elkerültük a 3. fajtájú hibát, mivel megadtuk az adat hosszát (ami máshonnan nem derülne ki), azonban a div-nek nincsen konstans operandust fogadó változata. A javításhoz felhasználjuk bl regisztert.

div byte 2 → ***mov bl, 2***
div bl

c) **Túlságosan összetett számítási műveletek egy utasításon belül.** Ezeket csak több utasítással lehet kiváltani, amihez szükség lehet további regiszterek felhasználására. Ebben az esetben a regiszter eredeti tartalmát a verembe menthetjük, vagy lefoglalhatunk egy tárterületet erre a célra.

A cimke *címke tartalma plusz egyet szeretnénk eax-be tölteni.*

mov eax, [cimke] + 1 → ***mov eax, [címke]***
inc eax

Az ebx és ecx regiszterek összegét szeretnénk eax-be tölteni.

mov eax, ebx + ecx → ***mov eax, ebx***
add eax, ecx

Egy komplex indexelési műveletet szeretnénk végrehajtani. Az utasítás az eredeti formájában nem érvényes, a helyettesítő kódban az egyszerűség kedvéért felhasználjuk eax és edx regisztereket. Megoldható a feladat úgy is, hogy átmeneti tárolókat veszünk fel az inicializálatlan adatszegmensbe.

*cmp [esi-(ecx-4)*4], [esi-(ebx-1)*4]* →

```
mov eax, ebx     ; eax = ebx
dec eax          ; eax = ebx - 1
shr eax, 2       ; eax = ( ebx – 1 ) * 4
sub eax, esi     ; eax = ( ebx – 1 ) * 4 - esi
neg eax          ; eax = esi - ( ebx – 1 ) * 4
mov eax, [eax]   ; eax = [esi - ( ebx – 1 ) * 4]
mov edx, ecx     ; edx = ecx
sub edx, 4       ; edx = edx - 4
shr edx, 2       ; edx = ( edx – 4 ) * 4
sub edx, esi     ; edx = ( edx – 4 ) * 4 - esi
neg edx          ; edx = esi - ( edx – 4 ) * 4
mov edx, [eax]   ; edx = [esi - ( edx – 4 ) * 4]
cmp edx, eax     ; edx = [esi - ( edx – 4 ) * 4]
```

d) **Adat és cím fogalmának összekeverése.**
   i. Adat címe helyett csak az adat szerepel: hiányzik a szögletes zárójel.

      A cimke *címke tartalmát szeretnénk eax-be tölteni.*

      mov eax, cimke → *mov eax,* ***[****cimke****]***

   ii. Adat helyett adat címe szerepel: feleslegesen megjelenő szögletes zárójel. Előfordul, hogy ez a hiba párosul *3.c)*-vel.

e) A cél és a forrás összekeverése (az operandusok fordított sorrendben vannak leírva). Különösen gyakran fordul elő, hogy konstans vagy címke az első operandus, amelyeknek futási időben nem lehet értéket adni.

f) **Indexelési hibák**.
   i. **Indexregiszter negatív előjellel.** Ezt *3.c)*-hez hasonlóan csak hosszabb kódrészlettel lehet kiváltani.
   ii. **Adat hosszának figyelmen kívül hagyása** indexeléskor.

      Duplaszó hosszú adatok tömbjének indexelésekor csak byte-onkénti indexelés.

      mov [bazis+ecx], eax → *mov [bazis+****4****ecx], eax*

   iii. A **little endian tárolási mód** figyelmen kívül hagyása.

7. **Programkonstrukciók.**
   a) **Elágazás ágaiban lemarad a kiugrás az elágazás végére.** Ez többirányú elágazásra is vonatkozik.

      Az eax regisztert akarjuk nullára vagy egyre állítani annak függvényében, hogy az adat címkén található duplaszavas adat értéke egy-e. A kiugrás hiánya miatt az igaz ág végrehajtása eax nullára állítása után ráfut a másik ág kódjára is, ami elállítja eax-ot egyre.

```
        cmp   dword [adat], 1
        jne   .else_ag

        mov   eax, 0

.else_ag
        mov   eax, 1
```

→

```
        cmp dword [adat], 1
        jne .else_ag

        mov eax, 0
        jmp .elagazas_vege

.else_ag
        mov eax, 1

.elagazas_vege
```

   b) **Ciklusok.**
      i. A ciklus inicializáló lépése bekerül a ciklusmagba.
      ii. A ciklus inicializáló lépése lemarad.
      iii. C stílusú for ciklusok.
         1) A **feltételvizsgálatnak** a ciklus elején (közvetlenül a ciklus címkéje után) kell megtörténnie.
         2) A **ciklusváltozó léptetésének** a ciklus végén (közvetlenül a ciklusmag elejére való visszaugrás előtt) kell megtörténnie.

   c) **Elérhetetlen programkód.** Mivel sosem fut le, felesleges létrehozni.
   d) **Alprogramok.** Az alprogramra lokális, a futási idejű veremben elhelyezkedő változó helyett globális változó létrehozása az adatszegmensben. Ez nem feltétlenül hiba...

8. **Egyes utasításokhoz köthető hibák.**
   a) **A not és a neg utasítás keverése.** A neg számítása során lemarad a +1.

b) **Szorzás és osztás során a forrás- és célregiszterek eltévesztése.** Helyes alkalmazáshoz lásd a mul, imul, div, idiv leírását és a könyv végén a táblázatot.

9. Megszakítások, alprogramok.

a) A **megszakítás meghívása lemarad.** A paraméterek beállításán kívül szükség van az „int 80h” sorra is.
b) **Alprogram címkéje lemarad.** Nélküle nem lehet (kényelmesen) meghívni a belépési pontot a kód más részeiről.
c) **Alprogram címkéje nem lehet lokális.** Az *alprogramra* lokális címkéket érdemes létrehozni.
d) **Az alprogram bevezető és/vagy kilépő kódrészlete lemarad.** Kellő tapasztalattal a kódrészletek egyszerűsíthetőek, de az alprogram végén legalább egy visszatérő „ret” utasításnak szerepelnie kell.
e) Az alprogramok elején és végén **a használt regiszterek nincsenek elmentve és visszatöltve.**

10. Fájlok.

Lemarad a fájlleíró eltárolása. Ha megnyitás után nem tároljuk el a fájlleírót a memóriában (lokális vagy globális változóként), akkor a továbbiakban nem tudjuk elérni a fájlt.

11. Verem.

a) **Nem megfelelően rendezett a verem.** Általában: a push-ok és pop-ok nincsenek párban.
b) A verembe tett és abból kivett adatok mérete nem egyezik.

Az eax regiszter alsó szavát szeretnénk áttölteni bx-be, és ehhez a vermet próbáljuk felhasználni. Az eredeti kódrészlet ezt elvégzi, mivel a byte-sorrend fordul, azonban két byte-tal többet hagy a veremben, mint amennyi kezdetben benne volt. Ennek elkerülése érdekében a teljes ebx-be pop-olunk. Ha el akarjuk kerülni, hogy ebx felső felét is felülírjuk, akkor a pop után vissza is léptethetjük esp-t a kiinduló helyzetbe.

	→		vagy	
push eax		push eax		push eax
pop bx		**pop ebx**		pop bx
				add esp, 2

c) **Nemsztenderd hozzáférés a veremhez.** A verem push-on, pop-on és alprogramokon belül ebp-n való kezelésén kívül más módszerrel nagyon oda kell figyelni ahhoz, hogy a verem szerkezete el ne romoljon.

12. **Makrók**.

a) **A futási és fordítási idő fogalmának összekeverése.** A makrók fordítási időben, az előfordítási fázis során alakítják át a forráskód szövegét, a regiszterek csak futási időben léteznek, az utasítások futási időben hatnak.

	→	

mov eax, 1
mov ebx, 2
%assign ecx eax + ebx
		mov eax, 1
		mov ebx, 2
		mov ecx, eax
		add ecx, ebx

b) **Makróra lokális címkék alkalmazásának hiánya.** Ha globális címkéket alkalmazunk makrókban, akkor nem lehet őket több helyen kifejteni, mert a fordító hibát ad többször definiált név miatt. Makróra lokális címke esetén minden kifejtéskor új, egyedi név keletkezik.

```
%macro faktorialis 1
  %assign fakt 1
  %assign i 1

  %rep %0 – 1
      %assign fakt i * fakt
  %endrep
%endm
```

→

```
%macro faktorialis 1
  %assign fakt 1
  %assign %%i 1

  %rep %0 – 1
      %assign fakt %%i * fakt
  %endrep
%endm
```

A feladatok megoldásai

Értékek ábrázolása

1. Mekkora értékek tárolhatóak egy bitvektorban? Add meg általánosan is!

bitek száma	számrendszer	előjel nélkül		előjelesen	
		legkisebb érték	legnagyobb érték	legkisebb érték	legnagyobb érték
8	hexadecimális	`00`	**`FF`**	`80`	**`7F`**
	decimális	**0**	**255**	**-128**	**+127**
16	hexadecimális	`00 00`	**`FF FF`**	`80 00`	**`7F FF FF FF`**
	decimális	**0**	**65 535**	**-32 768**	**+32 767**
32	hexadecimális	`00 00 00 00`	**`FF FF FF FF`**	`80 00 00 00`	**`7F FF FF FF`**
	decimális	**0**	**4 294 967 295**	**-2 147 483 648**	**+2 147 483 647**
4 · n	hexadecimális	`00 00 … 00` **n számjegy**	**`FF … FF`** **n számjegy**	`80 00 … 00` **n számjegy**	**`7F FF … FF`** **n számjegy**
	decimális	**0**	**16^n-1**	**-2^{4n-1}**	**$+2^{4n-1}-1$**

2. Töltsd ki az üres cellákat a táblázatban!

bitek száma	bináris	decimális		hexadecimális
		előjel nélküli	előjeles	
8	`1100 1111`	**207**	**-49**	**`CF`**
8	**`0110 1011`**	**107**	**+107**	`6B`
8	**`1110 1000`**	**232**	-24	**`E8`**
16	`1001 0110 0001 1110`	**38 430**	**-27 106**	**`96 1D`**
16	**`0010 0000 1010 0101`**	**8357**	**+8357**	`20 A5`
16	**`1101 0010 0011 0111`**	**53 815**	-11 721	**`D2 37`**

3. Végezd el az alábbi műveleteket!

```
    1001 1101           0110 1110            0101 1010
and 1100 0111        or 1000 0000        xor 1111 0001
    1000 0101           1110 1110            1010 1011
```

$0101\ 0110\ 1101\ 1101_2 + 1C\ E3_{16} = \mathbf{0111\ 0011\ 1100\ 0000_2 = 29\ 632_{10} = 73\ C0_{16}}$

$16\ 537_{10} - 0000\ 0011\ 1010\ 1100_2 = \mathbf{0011\ 1100\ 1110\ 1101_2 = 15\ 597_{10} = 3C\ ED_{16}}$

$54\ 32_{16}\ \text{or}\ 38\ 529_{10} = \mathbf{0101\ 0110\ 1011\ 0011_2 = 22\ 195_{10} = 56\ B3_{16}}$

4. Írd le a saját nevedet ASCII kódolással, ékezetek nélkül!

K	i	t	l	e	i	szóköz	R	o	b	e	r	t	sorvége
4B	**69**	**74**	**6C**	**65**	**69**	**20**	**52**	**6F**	**62**	**65**	**72**	**74**	**0A**

5. Írd le a „Hello Vilag” szöveget ASCII kódolással!

H	e	l	l	o	szóköz	V	i	l	a	g	sorvége
48	**65**	**6C**	**6C**	**6F**	**20**	**56**	**69**	**6C**	**61**	**67**	**0A**

Utasítások

1. Add meg a regiszterek tartalmát minden utasítás után! A feladatot a jelölt pontokon is el lehet kezdeni.

		reg. vagy mem.	bináris (megfelelő bithosszon)	decimális		hexadecimális
				előjel nélküli	előjeles	
a.	mov ebx, 1023	ebx	0000 0000 0000 0000 0000 0011 1111 1111	**1023**	**+1023**	00 00 02 **FF**
	mov al, -100	al	1001 1100	**156**	**-100**	9C
	movsx eax, bl	eax	1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111	**65 535**	**-1**	**FF FF FF FF**
b.	mov eax, 1C34F6E2h	ax	1111 0110 1110 0010	**63 202**	**-2334**	**F6E2**
		ah	1111 0110	**246**	**-10**	**F6**
		al	1110 0010	**226**	**-30**	**E2**
c.	mov byte [0FAh], 01Ch	[0xFA]	0001 1100	**28**	**+28**	1C
	mov byte [0FBh], 0x22	[0xFB]	0010 0010	**34**	**+34**	22
	mov ax, [0FAh]	ax	0010 0010 0001 1100	**8732**	**+8732**	221C
d.	mov eax, 89ABCDEFh	ax	1000 1001 1010 1011 1100 1101 1110 1111	**2 309 737 967**	**-1 985 229 329**	89 **AB CD EF**
	mov ah, al	ah	1110 1111	**239**	**-17**	**EF**
	mov al, 42	al	0010 1010	**42**	**+42**	**2A**
	mov bl, al	bl	0010 1010	**42**	**+42**	**2A**
	mov bh, al	bx	0010 1010 0010 1010	**10794**	**+10 794**	**2A 2A**
e.	mov ax, 0FF42h	ax	1111 1111 0100 0010	**65 346**	**-190**	**FF** 42
	mov bx, 0DCBAh	bx	1101 1100 1011 1010	**56 506**	**-9 030**	**DC BA**
	sub bh, al	bh	1001 1010	**154**	**-102**	**9A**
	xor ax, bx	ax	0110 0101 1111 1000	**26 104**	**26 104**	65 F8
		bx	1001 1010 1011 1010	**39 610**	**-25 926**	**9A BA**
f.	mov al, 01011010b	al	0101 1010	**90**	**+90**	**5A**
	or ah, 10101010b	ah	1111 1010	**250**	**-6**	**FA**
g.	mov al, 120	al	0111 1000	**120**	**+120**	78
	not al	al	1000 0111	**135**	**-121**	87
	neg al	al	0111 1001	**121**	**121**	79
h.	mov bh, 254	bh	1111 1110	**254**	**-2**	**FE**
	inc bh	bh	1111 1111	**255**	**-1**	**FF**
	add bh, 1	bh	0000 0000	**0**	**0**	00
i.	mov cx, 0x01F0b	cx	0000 0001 1111 0000	**496**	**+496**	01F0
	mov eax, -128	eax	1111 1111 1111 1111 1111 1111 1000 0000	**4 294 967 168**	**-128**	**FF FF FF** F0
	mul cx	dx : ax	0000 0000 0000 0000:1111 1000 0000 0000	**0 : 63 488**	**0 : -2048**	00 00:**F8** 00
	imul cl	ax	0	**0**	**0**	0

2. a. Az x, y és z címen byte-os adatok vannak. Számítsd ki z-be
(not x | y) & x értékét!

```
mov al, [x]
not al
or al, [y]
and al, [x]
```

2. b. Számítsd ki eax-be
(eax – 1) * 2 értékét!

```
dec eax
shr eax, 1
```

3. Adj meg minél több utasítást, amely

a. nullára állítja eax értékét!

```
mov  eax, 0         xor  eax, eax                shr  eax, 32
xor  eax, eax       sub  eax, eax                shl  eax, 32
and  eax, 0                                      sal  eax, 32
```

b. nem változtatja meg a regiszterek értékét (legfeljebb a jelzőbitek regiszterének kivételével)!

```
nop                 bt   eax, 0                  ror  eax, 0
mov  eax, eax       and  eax, 0xFFFFFFFF         rol  eax, 0
xchg al,  al        and  eax, eax                cmp  eax, ebx
add  eax, 0         or   eax, 0
sub  eax, 0         or   eax, eax                jmp  .kovetkezo
                    xor  eax, 0             .kovetkezo
```

c. eax 2. bitjét egyesre állítja, a többit pedig változatlanul hagyja!

```
or   eax, 100b      bts  eax, 2
```

d. az ellentétére állítja ebx legalsó (0.) és legfelső (31.) bitjét!

```
                    xor  ebx, 0x8001
```

e. al tartalmát egy előre adott értékről egy másik adott értékre állítja! (Például 229-ről 33-ra.)

```
mov  al,  33        add  al,  33-229             sub  al,  229-33
```

A feladat megoldható még az `xor al,` *eltérés* utasítással, ahol az *eltérés*t a két értékből az xor művelettel kaphatjuk meg, jelen esetben ez *1100 0100b*. Speciális esetekben további utasításokat is lehet alkalmazni, például bitforgatást, regiszter nullázását stb.

4. Az x és y két címke, melyeken 32 bites adatokat tárolunk.

a. Valósítsd meg az x := y értékadást! Közvetlenül egyik címről a másikra másoló utasítás nincsen.

```
mov eax, [x]                                    push dword [x]
mov [y], eax              vagy                  pop dword [y]
```

b. Cseréld meg x és y tartalmát!

```
mov eax, [x]                                    push dword [x]
mov edx, [y]                                    push dword [y]
mov [x], edx              vagy                  pop dword [x]
mov [y], eax                                    pop dword [y]
```

5. Milyen byte-okat tartalmaz sorban az adatszegmens?

```
section .data

db   55h
db   55h, 56h
db   'a', 0Ah
db   "hello"
dw   1234h
dd   89ABCDEFh
```

A byte-ok sorban, hexadecimális alakban:

55 55 56 61 0A 68 65 6C 6C 6F 34 12 00 EF CD AB 89.

6. Valósítsd meg az ismertetett utasításokkal az *adc eax, ebx* utasítást! Az adc az első operandushoz hozzáadja a másodikat (mint az add), és még ehhez az átviteli bitet (azaz hozzáad még egyet, ha az átviteli bit be van állítva, különben az eredmény a két operandus összege).

```
     jnc .nincs_carry
     inc eax
     add eax, ebx
     jmp .vege

.nincs_carry
     add eax, ebx

.vege
```

A feladat rövidebben is megolható. Ehhez felhasználjuk, hogy az egyik ág kódja posztfixe a másik ágának: a carry ág végén nem ugrunk el, hanem hagyjuk, hogy a vezérlés ráfusson a másik ág kódjára. Hasonló kód keletkezik, ha egy C programban a switch szerkezet egy ágát nem zárjuk le break utasítással.

```
     jnc .nincs_carry
     inc eax

.nincs_carry
     add eax, ebx
```

7. Mennyi a kódrészletek végrehajtása után eax értéke?

```
.a
  xor    ebx, ebx
  inc    ebx
  jmp    .vege

  dec    ebx
  mov    eax, ebx

.vege
```

```
.b
  cmp    eax, 0
  je near      .vege

  mov    eax, eax

.vege
  inc    eax
```

```
.c
  cmp    eax, eax
  je near      .vege
  dec    eax

  jmp    .c

.vege
```

a. **Ugyanannyi, mint a program elején, mert nem hajtunk végre olyan utasítást, amely megváltoztatná eax értékét. Az utolsó két utasítás elérhetetlen, mert előtte feltétel nélkül elugrunk a .vege címkére; az ugrás előtti két utasítás ebx értékét állítja egyre.**

b. **A feltételvizsgálat szerint két eset lehetséges: vagy nulla volt kezdetben eax értéke, vagy sem. Amennyiben nulla volt, elugrunk a .vege címkére. Amennyiben nem nulla volt, folytatódik a végrehajtás, és a következő utasítás kinullázza eax-ot. Tehát a .vege címkére érve eax értéke nulla, bármelyik úton is érkezett ide a vezérlés. Innen még egyetlen utasítás van hátra, amely megnöveli eax értékét egyre.**

c. **A kezdeti feltételvizsgálat akkor ugrik a .vege címkére, ha eax regiszter értéke megegyezik eax regiszterével. Ez mindig teljesül, ezért a következő két kódsor elérhetetlen, mert rögtön elugrunk. A regiszter értéke nem változik meg.**

8. Írj olyan kódrészletet, amely ecx-be meghatározza eax és ebx maximumát! A számok előjel nélkül vannak ábrázolva.

```
        cmp       eax,  ebx
        ja near   .eax_nagyobb     ; előjel nélküli összehasonlítás

        mov       ecx,  ebx        ; itt biztosan ebx a nagyobb (vagy egyenlőek)
        jmp       .vege            ; kiugrás az elágazásból

    .eax_nagyobb
        mov       ecx,  eax

    .vege
```

9. Lineáris keresés: az adat címkétől kiindulva keresd meg az első olyan byte-ot, amely nullát tartalmaz, és ennek a címét add meg eax-ben!

```
        mov          eax, adat     ; az adat címke címét betöltjük eax-ba

    .ciklus
        cmp  byte [eax], 0
        je near    .vege           ; ha az eax címen található byte értéke nulla,
                                   ; kiugrunk a ciklusból
        inc           eax          ; különben a következő byte-ra lépünk
        jmp       .ciklus          ; … és folytatjuk a keresést

    .vege
```

10. Valósítsd meg assembly nyelven az alábbi C++ programrészletet! Az a és b változók típusa int.

for (int i = 0; i < 10; ++i)   a += b;

```
    mov       ecx, 0     ; i-t ecx-ben tároljuk

.ciklus
    cmp       ecx, 10
    jnl near  .vege      ; előjeles vizsgálat, ha i >= 10, ciklus vége

    mov       eax, [a]
    add       [b], eax   ; a += b;

    dec       ecx        ; ++i
    jmp       .ciklus

.vege
```

11. Az n paraméter a memóriában található egy duplaszavas változóban. Számítsd ki az eax regiszterbe
   a. az első n szám összegét!
   b. n! értékét!

Az adatszegmensben tárolt n mindkét esetben a következőképpen néz ki.

```
      section .data

n     dd    9
```

Amennyiben egy másik kódrészlet határozza meg n értékét számunkra, az inicializálatlan adatszegmensben is elhelyezhetjük.

```
      section .bss

n     resd 1
```

a

```
   mov eax, [n]
   mov ebx, 0
   mov ecx, 0
   ; ebx: részletösszeg
   ; ecx: számláló

.ciklus
   add ebx, ecx
   inc ecx

   cmp ecx, eax
   ja .vege
   jmp .ciklus

.vege
```

b

```
   mov eax, 1
   mov ebx, 1

.ciklus
   cmp ebx, [n]
   jg .vege

   mul ebx
   inc ebx
   jmp .ciklus
```

12. Adott egy duplaszavas értékeket tartalmazó láncolt lista címke. Add meg a hosszát!

```
   mov ebx, fejelem
   mov eax, 1

.ciklus
   cmp dword [ebx], 0
   je .vege

   mov ebx, [ebx]
   inc eax
   jmp .ciklus
.vege
```

Ez a kódrészlet néggyel tölti fel eax-et, ha az alábbi adatokra hívjuk meg.

```
elem2   dd      elem3
        dd      3
fejelem dd      elem2
        dd      150
elem4   dd      0
        dd      365
elem3   dd      elem4
        dd      8163
```

13. Adott a szoveg címkén egy szöveg, amelynek ismert a hossza. Fordítsd meg helyben!

```
        mov esi, szoveg
        mov edi, szoveg + hossz - 1     ; szoveg + hossz már a szöveg utáni pozíció

.ciklus
        cmp esi, edi
        jnb .vege

        mov al, [esi]
        mov ah, [edi]
        mov [esi], ah
        mov [edi], al

        inc esi
        dec edi

        jmp .ciklus
.vege
```

14. Adott három időpont: egy-egy óra és perc, amelyek duplaszavasan vannak eltárolva a memóriában. Az első két időpont között részleges napfogyatkozás következik be. A napfogyatkozás mértéke a félidőig lineárisan növekszik, félidőben pontosan 50%, onnantól lineárisan csökken. Add meg, hogy a harmadik időpontban (amelyről feltételezhető, hogy az előző kettő között helyezkedik el) mekkora volt egész százalékra kerekítve a napfogyatkozás mértéke!

Tegyük fel, hogy az adatok a következőképpen vannak eltárolva.

```
   section .data

kezdet
.ora    dd      10
.perc   dd      00
veg
.ora    dd      14
.perc   dd      00
idopont
.ora    dd      10
.perc   dd      30
```

```
  mov ebx, 60

  mov eax, [veg.ora]
  sub eax, [kezdet.ora]
  mul ebx
  add eax, [veg.perc]       ; eax = a teljes napfogyatkozás
  sub eax, [kezdet.perc]    ;       időtartama
  shr eax, 1

  mov ecx, eax              ; ecx = a teljes időtartam fele

  mov eax, [idopont.ora]
  sub eax, [kezdet.ora]
  mul ebx
  add eax, [idopont.perc]
  sub eax, [kezdet.perc]    ; eax = a kezdettől eltelt idő

  mov ebx, ecx

  cmp ebx, eax              ; ugrás, ha a félidő előtt vagyunk
  ja .tovabb

  sub eax, ecx              ; félidő után vagyunk
  sub eax, ecx
  neg eax                   ; eax = idő a napfogy. végéig

.tovabb
  mov ebx, 50
  mul ebx                   ; eax * 50 / (a teljes idő fele)
  div ecx                   ; pontosan a kért eredményt adja
```

15. A teniszben az a játékos nyer meg egy ún. rövidített játékot, aki először ér el legalább 7 pontot úgy, hogy legalább 2 ponttal vezet (azaz ha az állás 7-6, akkor még nem dőlt el a rövidített játék, például a második játékos megszerezheti a következő három pontot, és akkor ő nyer 7-9-re). Egy tömbben adott, hogy melyik játékos nyerte meg a soron következő játékot. A tömb hossza előre nem ismert. Add meg, ki nyerte a rövidített játékot, és milyen arányban!

Tegyük fel, hogy a következőképpen adott a nyert játékok tömbje.

```
        section .data

jatek   db      0, 1, 0, 1, 1, 0, 0, 0, 1, 1, 0, 1, 0, 0
```

A következő kódrészlet kiszámítja al-be és ah-ba, melyik játékos hány játékot nyert. A program futása az .Anyert illetve a .Bnyert címkén folytatódik attól függően, melyik játékos nyerte a rövidített játékot.

```
        xor eax, eax            ; ah és al (a játékosok által nyert pontok) kinullázása
        xor ebx, ebx            ; bl (a játékosok által nyert pontok különbsége) kinullázása
        mov esi, jatek          ; esi mutatja az aktuális pozíciónkat a tömbben

.ciklus
        cmp bl, 2
        jnge .Anemvezet         ; annak ellenőrzése, vezet-e a játékos legalább 2 ponttal

        cmp al, 7
        jae .Anyert             ; ha igen, akkor nyert, ha elért legalább 7 pontot

     ; itt következhetne egy jmp nincsnyertes utasítás, mert ha az egyik játékos vezet, akkor a
     ; másik biztosan nem, de az sem okoz problémát, ha a vezérlés ráfut a másik ellenőrzésre

.Anemvezet
        cmp bl, -2
        jnle .nincsnyertes

        cmp ah, 7
        jae .Bnyert             ; az előzőhöz hasonló ellenőrzés a másik játékosra

.nincsnyertes
        add al, [esi]
        inc ah
        sub ah, [esi]           ; ah és al (a játékosok által nyert pontok) állítása
        mov bh, [esi]
        shl bh, 1
        dec bh                  ; bh = +1 vagy -1 attól függően, melyik játékos nyerte a pontot
        add bl, bh              ; bl (a játékosok által nyert pontok különbsége) állítása
        inc esi                 ; a mutató léptetése
        jmp .ciklus
```

Parancssori paraméterátadás, rendszerszolgáltatások

1. a. Írd ki a „Hello vilag!” szöveget betűről betűre bővülve! Először csak egy „H” betűt írj ki és egy sorvégét, aztán a „He” szöveget és sorvégét stb.

```
   section .text
   global main

main
   push  ebp
   mov   ebp, esp
   sub   esp, 4        ; [ebp-4] : ciklusszámláló

   mov [ebp-4], dword 0
   ; kezdetben a szöveg nulladik pozícióján állunk

.ciklus
   cmp dword [ebp-4], 11
   je near .vege

   mov   eax, [ebp-4]
   mov   dl, [szoveg + eax]
   mov   [kiir + eax], dl
   mov   [kiir + eax + 1], byte 0xA
   ; a következő karakter és egy sorvége

   mov   edx, eax              ; a kiírás hossza
   add   edx, 2          ; +1 az indexelés miatt
                          ; +1 a sorvége miatt
   mov   eax, 4
   mov   ebx, 1
   mov   ecx, kiir
   int   0x80

   inc   dword [ebp-4] ; a következő karakter
   jmp   .ciklus

.vege
   mov   eax, 1
   xor   ebx, ebx
   int   0x80


   section .data

szoveg  db      "Hello Vilag"

   section .bss

kiir    resb  12
```

1. b. Hasonlóan bővülő módon írd ki az első parancssori paramétert!

```
   section .text
   global main

main
   push  ebp
   mov   ebp, esp
   sub   esp, 4        ; [ebp-4] : ciklusszámláló

   mov [ebp-4], dword 0
   ; kezdetben a szöveg nulladik pozícióján állunk

.ciklus
   mov ecx, [ebp+12]
   mov ecx, [ecx+4]        ; a szöveg (argv[1])
   mov eax, [ebp-4]
   mov dl, [ecx+eax]   ; a következő karakter

   cmp   dl, 0
   je near    .vege

   mov   [kiir + eax], dl
   mov   [kiir + eax + 1], byte 0xA
   ; a következő karakter és egy sorvége

   mov   edx, eax              ; a kiírás hossza
   add   edx, 2
   mov   eax, 4
   mov   ebx, 1
   mov   ecx, kiir
   int   0x80

   inc   dword [ebp-4] ; a következő karakter
   jmp   .ciklus

.vege
   mov   eax, 1
   xor   ebx, ebx
   int   0x80


   section .data

szoveg  db      "Hello Vilag"

   section .bss

kiir    resb  12
```

2. a. i) Alkoss a saját (lefordított, futtatható) programkódját kiíró programot! Feltételezheted, hogy a program neve ismert. Használj 1024 bites puffert a fájl tartalmának beolvasása során!
   ii) Nehezítés: a program nevét a parancssori paraméterek közül kell kinyerned.
b. i) Alkoss a saját forrásszövegét kiíró programot! Feltételezheted, hogy a program neve ismert.
   ii) Nehezítés: a program neve a futtatott fájl neve .asm kiterjesztéssel.
   Feltételezheted, hogy a fájl neve kevesebb, mint 256 karakter hosszú.

```
  section .text
  global main

main
  push   ebp
  mov    ebp,    esp

  mov    eax,      5
  mov    ebx,fajlnev

  mov    ecx,   644q
  int    0x80

  mov    [leiro],eax

.beolvas
  mov    eax,      3
  mov    ebx,[leiro]
  mov    ecx,   adat
  mov    edx,   1024
  int    0x80

  cmp    eax,   1024
  jne near    .vege

  mov    eax,      4
  mov    ebx,      1
  mov    ecx,   adat
  mov    edx,   1024
  int    0x80

  jmp    .beolvas

.vege
  mov    edx,    eax
  mov    eax,      4
  mov    ebx,      1
  mov    ecx,   adat
  int    0x80

  mov    eax,      1
  mov    ebx,      0
  int    0x80


  section .data
fajlnev db"a.out", 0

  section .bss
adat     resb   1024
leiro    resd      1
```

```
  section .text
  global main

main
  push   ebp
  mov    ebp,    esp

  mov    eax,      5
  mov    ebx,[ebp+12]
  mov    ebx,  [ebx]
  mov    ecx,   644q
  int    0x80

  mov    [leiro],eax

.beolvas
  mov    eax,      3
  mov    ebx,[leiro]
  mov    ecx,   adat
  mov    edx,   1024
  int    0x80

  cmp    eax,   1024
  jne near    .vege

  mov    eax,      4
  mov    ebx,      1
  mov    ecx,   adat
  mov    edx,   1024
  int    0x80

  jmp    .beolvas

.vege
  mov    edx,    eax
  mov    eax,      4
  mov    ebx,      1
  mov    ecx,   adat
  int    0x80

  mov    eax,      1
  mov    ebx,      0
  int    0x80


  section .bss
adat     resb   1024
leiro    resd      1
```

```
  section .text
  global main

main
  push   ebp
  mov    ebp,    esp

  mov    eax,      5
  mov    ebx,fajlnev
  mov    ecx,   644q
  int    0x80

  mov    [leiro],eax


.beolvas
  mov    eax,      3
  mov    ebx,[leiro]
  mov    ecx,   adat
  mov    edx,   1024
  int    0x80

  cmp    eax,   1024
  jne near    .vege

  mov    eax,      4
  mov    ebx,      1
  mov    ecx,   adat
  mov    edx,   1024
  int    0x80

  jmp    .beolvas

.vege
  mov    edx,    eax
  mov    eax,      4
  mov    ebx,      1
  mov    ecx,   adat
  int    0x80

  mov    eax,      1
  mov    ebx,      0
  int    0x80


         section .data
fajlnev db
"listazo2.asm", 0

  section .bss
adat     resb   1024
leiro    resd      1
```

```
  section .text
  global main

main
  push ebp
  mov  ebp,        esp

  mov  esi,   [ebp+12]   ; argv
  mov  esi,      [esi]; argv[0]
  mov  edi,    fajlnev

.masol
  cmp  byte [esi],   0
  je near.masolas.vege

  mov  al,       [esi]
  mov  [edi],       al

  inc  esi
  inc  edi

  jmp  .masol

.masolas.vege
  mov  byte [edi], '.'
  mov  byte [edi+1],'a'
  mov  byte [edi+2],'s'
  mov  byte [edi+3],'m'
  mov  byte [edi+4], 0

  mov  eax,          5
  mov  ebx,    fajlnev
  mov  ecx,       644q
  int  0x80

  mov  [leiro],    eax

.beolvas
  mov  eax,          3
  mov  ebx,    [leiro]
  mov  ecx,       adat
  mov  edx,       1024
  int  0x80

  cmp  eax,       1024
  jne near       .vege

  mov  eax,          4
  mov  ebx,          1
  mov  ecx,       adat
  mov  edx,       1024
  int  0x80

  jmp  .beolvas

.vege
  mov  edx,        eax
  mov  eax,          4
  mov  ebx,          1
  mov  ecx,       adat
  int  0x80

  mov  eax,          1
  mov  ebx,          0
  int  0x80

  section .bss
adat  resb        1024
leiro resd           1
```

3. Írj olyan eljárást, amely egy duplaszón elférő, előjel nélküli egész számot ír ki a képernyőre tízes számrendszerben! A számot paraméterként kapja meg az eljárás. A kiírandó string legyen lokális változó (fix hosszúságú ASCII karaktertömb); az eljárásnak ezt töltse fel, majd hívja meg a kiírást.

```
kiir
  push          ebp
  mov           ebp,  esp
  sub           esp,  12            ; ezen a 12 byte-on alkotjuk meg a számot

  mov   byte [ebp-1], 0xA
  mov   byte [ebp-2], '0'           ; kezdetben a szám egy nulla karakterből és egy sorvégéből áll

  mov           edi,  ebp
  sub           edi,  2             ; edi a nulla karakteren áll
  mov           eax,  [ebp+8]       ; eax az első paraméter

  cmp           eax,  0             ; ha a kapott paraméter nulla, akkor nullát kell kiírni
  je near     .kiir

.ciklus
  cmp           eax,  0             ; ha a számból fennmaradó kiírandó rész nulla, akkor készen
  je near     .vege                 ; vagyunk az átalakítással

  xor           edx,  edx           ; 32 bitesen osztunk, ehhez kinullázzuk edx:eax felső felét

  mov           ecx,  10            ; osztás tízzel, a maradék (a következő karakter) edx-ben
  div           ecx                 ; jelenik meg; mivel értéke 0..9 közötti, ezért dl-ben elfér

  add            dl,  30h           ; dl eddig szám volt, most számjeggyé alakítjuk
  mov         [edi],  dl            ; … és beírjuk az aktuális pozícióra

  dec           edi                 ; a mutató léptetése
  jmp      .ciklus

.vege
  inc           edi                 ; a ciklusmag utolsó végrehajtása végén túlléptettük edi-t,
                                    ; ezt itt korrigáljuk
.kiir
  mov           eax,  4
  mov           ebx,  1
  mov           ecx,  edi           ; kiírni az aktuális pozícióról fogunk
  mov           edx,  ebp
  sub           edx,  ecx           ; ki kell írni az összes karaktert edi-től ebp-ig
  int          0x80

  mov           esp,  ebp
  pop           ebp
  ret                               ; visszatérés az alprogramból
```

Makrók

1. Írd meg az adc utasítást általánosan, kétparaméteres makróként!

```
%macro    adc  2
     jnc %%nincs_carry          ; ha nincs beállítva az átviteli bit, az utasítás úgy működik,
                                ; mint az összeadás
     inc %1                     ; különben eggyel meg kell növelni a regiszter értékét

%%nincs_carry
     add %1, %2
%endm
```

2.

<table>
<tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td>/</td><td>\</td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td><td>/</td><td>\</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>/</td><td>\</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>+</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>+</td></tr>
<tr><td>|</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>o</td><td>o</td><td></td><td>|</td></tr>
<tr><td>|</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>o</td><td>o</td><td></td><td>|</td></tr>
<tr><td>|</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>|</td></tr>
<tr><td>|</td><td></td><td></td><td></td><td>|</td><td>|</td><td></td><td></td><td>|</td></tr>
<tr><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td><td>v</td><td>v</td><td>v</td><td>v</td><td>v</td><td>v</td><td>v</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td></td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td>=</td><td></td></tr>
<tr><td>|</td><td></td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td></td><td>X</td><td></td><td></td><td>|</td></tr>
<tr><td>|</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>|</td></tr>
<tr><td>|</td><td></td><td></td><td>~</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>~</td><td></td><td></td><td>|</td></tr>
<tr><td>|</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>|</td></tr>
<tr><td></td><td>V</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>V</td><td></td></tr>
</table>

3. a. Készíts deriváló makrót. A makró tetszőleges számú paramétert kaphat, amelyek egy polinom együtthatóit adják. A makró tegye a verembe sorban a polinom deriváltjának együtthatóit szavakként! A deriválás szabálya:

$$(c \cdot x^n)' = c \cdot n \cdot x^{n-1}$$

b. Készíts integráló makrót a deriváló makróhoz hasonlóan. A konstans tagot nem kell figyelembe venni. Feltehető, hogy minden kapott együttható egész szám.

```
%macro          derival   1-*
  %assign       %%i   %0
  %rep %0 - 1
     push       dword ( %1 * %%i )
     %assign    %%i   ( %%i - 1 )
     %rotate    1
  %endrep
%endm
```

```
%macro          integral   1-*
  %assign       %%i   %0 + 1
  %rep %0 - 1
     push       dword ( %1 / %%i )
     %assign    %%i   ( %%i - 1 )
     %rotate    1
  %endrep
%endm
```

4. Add meg, hogy a parancssori paraméterként kapott file a legvégén tartalmazza-e a saját nevét. A fájl egy sorvége karakterrel zárul, ezt ne vedd figyelembe.

```
      section .text
      global main

main
        push ebp
        mov ebp, esp

        mov esi, [ebp+12]
        mov esi, [esi+4]        ; esi a fájlnév kezdetére mutat
        mov eax, -1

.hossz
        inc eax
        inc esi
        cmp byte [esi-1], 0
        jne .hossz              ; megszámoljuk, hány karakter hosszú a fájlnév

        mov [hossz], eax

        mov eax, 5
        mov ebx, [ebp+12]
        mov ebx, [ebx+4]
        mov ecx, 0
        mov edx, 777q
        int 0x80                ; megnyitjuk a fájlt

        mov [leiro], eax        ; eltároljuk a fájlleírót

        mov eax, 19
        mov ebx, [leiro]
        mov ecx, [hossz]
        neg ecx                 ; negatív irányban kell eltolni, a fájl végéről visszafelé
        dec ecx                 ; a fájl végén levő sorvége figyelmen kívül hagyása
        mov edx, 2
        int 0x80                ; pozícionálás a szöveg kezdetére a fájl végén

        mov eax, 3
        mov ebx, [leiro]
        mov ecx, filevege
        mov edx, [hossz]
        int 0x80                ; beolvasás

        mov ecx, [hossz]        ; ecx a ciklusszámláló
        mov esi, [ebp+12]
        mov esi, [esi+4]        ; esi a fájlnév kezdetére mutat
        mov edi, fajlvege       ; edi a fájl végéről származó, vizsgálandó szövegre
                                ; mutat
.vizsgal
        cmp ecx, 0
        je .egyezik             ; ha minden olvasott karakter egyezett, és már nincs
                                ; több, akkor a szöveg megfelelő
        mov al, [esi]
        cmp al, [edi]
        jne .nemegyezik         ; a következő karakter vizsgálata; ha eltér,
                                ; a szöveg nem megfelelő
        inc esi
        inc edi
        dec ecx                 ; ha egyezett a karakter, a következő vizsgálatával
        jmp .vizsgal            ; folytatjuk
```

```
  section .bss

hossz     resd 1
 ; a fájl kiszámított hosszát
 ; itt tároljuk átmenetileg

leiro     resd 1
 ; a fájl leírójának helye

fajlvege  resb 16
 ; ide olvassuk fel a fájl

 ; feltételezzük, hogy 16
 ; karakternél nem hosszabb
```

Irodalom

(1) http://www.intel.com/design/intarch/intel386/docs_386.htm

Az Intel, az x86 architektúra megalkotóinak honlapja, azon belül a 80386-os processzor dokumentációs oldala. Innen elérhetőek a Software Developer's Manual (Szoftverfejlesztői kézikönyv) kötetei. Nagyon részletesen, több száz oldalon keresztül mutatja be az architektúra minden részletét.

(2) http://developer.amd.com/documentation.aspx

Az AMD, az x86 architektúrájú processzorok másik népszerű gyártójának honlapja. Az Architecture Programmer's Manual (Architektúra-programozói kézikönyv) írja le a processzorok felépítését és programozását. Az általunk tárgyalt pontokon nem tér el az Intel architektúrától.

(3) http://nasm.sourceforge.net/

A Netwide Assembler honlapja.

- http://nasm.sourceforge.net/doc/nasmdoc0.html

  A Netwide Assembler on-line dokumentációjának tartalomjegyzéke.

- http://nasm.sourceforge.net/doc/nasmdoc4.html

  A dokumentáció előfordítási fázisról (makrókról) szóló fejezete.

- http://developer.apple.com/documentation/DeveloperTools/nasm/nasmdocb.html

  Az utasításokat bemutató függelék a dokumentációban. A munkafüzet írásakor a nasm hivatalos honlapján nem volt elérhető, pedig gyakorló assembly programozó számára a dokumentáció talán leghasznosabb része.

(4) http://asm.sourceforge.net/

Linux alatti assembly programozáshoz hasznos oldal. Régebben http://linuxassembly.org/ címen működött.

	utasítás mnemonikja	operandusok	működés
	nop	*nincs operandusa*	semmit sem csinál
adatmozgatás	mov	*	cél := forrás
adatmozgatás	movsx, movzx	reg, reg/mem	cél := forrás előjeles/előjel nélküli kiterjesztéssel
adatmozgatás	xchg	reg, reg/mem mem, reg	cél := forrás, forrás := cél
logikai	not	reg/mem	cél := cél bitenként negálva
logikai	bt, bts, btc, btr	r/m$^{32/16}$, r$^{32/16}$/ k^{8}	átvitel := cél forrás-adik bitje, bit marad/0/1/fordul
logikai	set*feltétel*	reg^{8}/mem^{8}	cél := 1, ha teljesül a feltétel, cél := 0, ha nem
logikai	and, or, xor	*	cél := cél és/vagy/kizáró vagy forrás bitenként
aritmetikai	add, sub	*	cél := cél + forrás *illetve* cél := cél - forrás
aritmetikai	inc, dec	reg/mem	cél := cél + 1 *illetve* cél := cél - 1
aritmetikai	neg	reg/mem	cél := 0 - cél
aritmetikai	mul	reg/mem	előjel nélküli: ax := al · forrás *vagy* dx:ax := ax · forrás *vagy* edx:eax := eax · forrás, *az op. méretétől függően*
aritmetikai	imul	reg/mem	előjeles: ax := al · forrás *vagy* dx:ax := ax · forrás *vagy* edx:eax := eax · forrás, *az op. méretétől függően*
aritmetikai	div	reg/mem	előjel nélküli: al := ax / forrás, maradék: ah *vagy* ax := dx:ax / forrás, maradék: dx *vagy* eax := edx:eax / forrás, maradék: edx
aritmetikai	idiv	reg/mem	előjeles: al := ax / forrás, maradék: ah *vagy* ax := dx:ax / forrás, maradék: dx *vagy* eax := edx:eax / forrás, maradék: edx
aritmetikai	*léptetések*	r/m, konst/cl	*külön táblázatban* (a 2. operandus lehet a cl regiszter is)
vezérlésátadás	cmp	*	összehasonlítás, a jelzőbitek beállítása
vezérlésátadás	jmp, j*feltétel*	címke	ugrás feltétel nélkül vagy feltétellel; *külön táblázatban*
vezérlésátadás	call	címke	alprogramhívás
vezérlésátadás	ret	*nincs operandusa*	visszatérés alprogramhívásból
vezérlésátadás	int	konst^{8}	szoftveres kivétel kiváltása
veremkezelés	push	r$^{32/16}$/m$^{32/16}$/k$^{32/16/8}$	érték verembe helyezése
veremkezelés	pop	reg$^{32/16}$/mem$^{32/16}$	érték visszatöltése a veremből
veremkezelés	pushad	*nincs operandusa*	eax, ecx, edx, ebx, esp, ebp, esi, edi verembe mentése
veremkezelés	popad	*nincs operandusa*	edi, esi, ebp, esp, ebx, edx, ecx, eax töltése a veremből

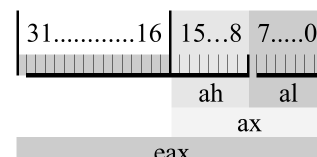
A táblázatok csak a legfontosabb utasítás-operandus párokat tartalmazzák. Pontos információk az AMD és az Intel dokumentációiban találhatóak.

* Ezeknél az utasításoknál a reg/mem, reg/mem/konst operandusok megengedettek, a mem/mem kivételével.

feltételes ugrások	cél < forrás		cél ≤ forrás		cél ≥ forrás		cél > forrás	
nem előjeles	jb	jnae	jbe	jna	jae	jnb	ja	jnbe
előjeles	jl	jnge	jle	jng	jge	jnl	jg	jnle

	igaz		hamis	
egyenlő	je	jz	jne	jnz
átvitel	jc		jnc	

előjel nélküli léptetés		előjeles léptetés		forgatás	
shr	0 → felső bit 0. bit → átvitel	sar	↻ felső bit 0. bit → átvitel	ror	↻ felső bit 0. bit → átvitel
shl	átvitel ← felső bit 0. bit ← 0	sal	átvitel ← felső bit 0. bit ← 0	rol	átvitel ← felső bit 0. bit ↺



A fentiekben r = reg = regiszter, m = mem = memóriatartalom, k = konst = konstans.
A felső indexben szereplő 8, 16 és 32 a méretet jelenti bitben.