Tartalomjegyzék

Bevezetés

Az assembly programnyelvek egyszerű, processzor-közeli utasításokból épülnek fel, amiket a számítógép hatékonyan végre tud hajtani, viszont ennek a hatékonyságnak ára van: a program kódja már rövidebb programok esetén is nehezen olvashatóvá és értelmezhetővé válik.

Jelen program feladata az, hogy egy assembly programkód futását szimulálja: az utasításokat egyenként hajtja végre és minden lépés után a felhasználó számára kijelzi az aktuálisan tárolt adatokat: a regiszterek tartalmát, a változók tömbjét és a futásidejű vermet. Elsődlegesen azok számára készült, akik érdeklődnek az assembly nyelvek iránt, de a nehézkes átláthatóság és a túlnyomórészt alacsony szintű utasítások miatt nem teljesen értik a műveleteket és nehezükre esik elképzelni, hogy mi történik az utasítások hatására.

Felhasználói dokumentáció

A program célja

A program beolvas egy egy NASM assembly utasításokból álló fájlt, annak a programnak a futását szimulálja, azaz a kódot lépésenként hajtja végre és minden lépés után kijelzi a regiszterekben, a változók tömbjében és a veremben eltárolt értékeket.

Elsősorban olyan felhasználók számára készült, akik rendelkeznek alapvető programozási ismeretekkel, és nagyjából tisztában vannak az assembly nyelvek felépítésével és működésével.

A felhasznált módszerek

A program C++ nyelven íródott, a grafikus felület wxWidgets-szel készült, az assembly kód kezdeti elemzése, valamint menet közbeni értelmezése flex által generált lexikális elemzőt, illetve bisonc++ által generált szintaktikus és szemantikus elemzőt használ.

Futtatási követelmények

64-bites Microsoft Windows7 operációs rendszer.

Az operációs rendszer és az egyéb programokon felül legalább 200 MB RAM, nagyobb programok (1000-nél több utasítás) szimulálása esetén ennél többre is szükség lehet.

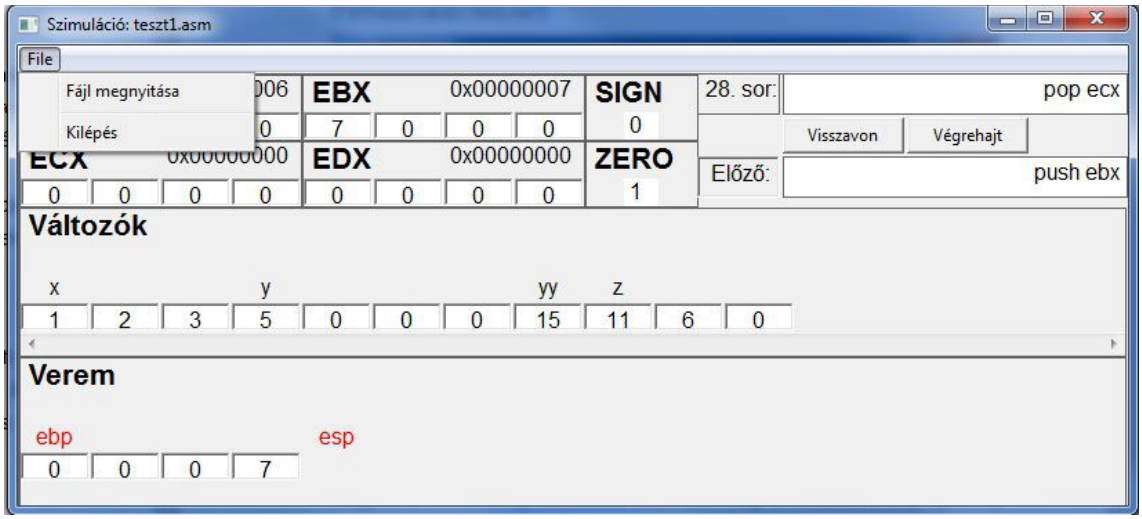
Üzembe helyezés

A CD-lemezen levő „futtathato” nevű mappában található a „szimulacio.exe” állomány, annak az elindításával lehet működésbe hozni a programot. Fontos, hogy a mappájában mellette benne legyenek a libgcc_s_seh-1.dll, a libjgib-2.dll, libjpeg-8.dll, liblzma-5.dll, libpng16-16.dll, libtiff-5.dll, wxbase30u_gcc_custom.dll, wxmsw30u_core_gcc_custom.dll és zlib1.dll állományok, ugyanis ezek nélkül a program nem indul el.

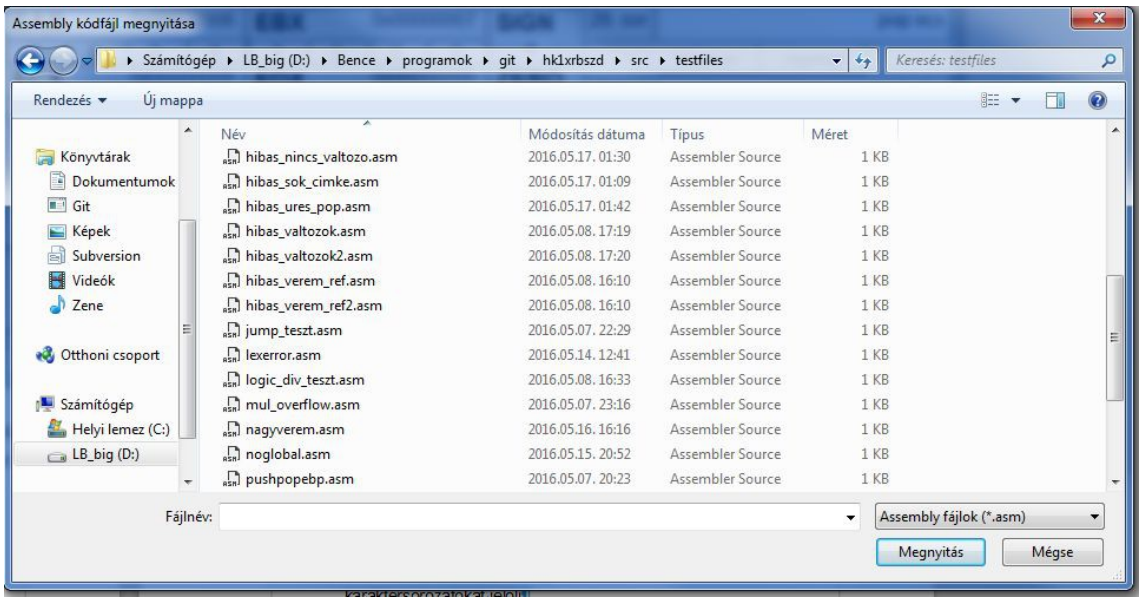
A program kezelése

Felhasználói felület

A program elindítása a felhasználói felület mellett elindít még egy parancssori ablakot. A program futása során nem ajánlott ezt az ablakot bezárni, ugyanis ez a szimulációból is kilép.

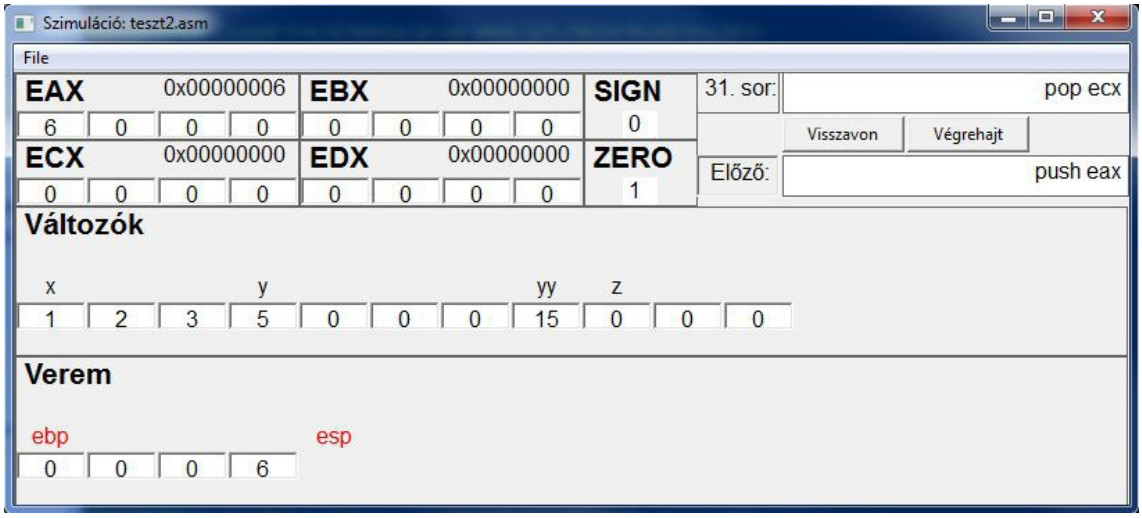


A program elindítása után a bal felső sarokban lévő „File” feliratú menüben a „Fájl megnyitása” opcióval lehet betölteni egy assembly kódfájlt.



A fájlböngésző a szokásos módon navigálható, dupla kattintással lehet kiválasztani egy fájlt vagy belépni egy mappába, a felső sávban a mappák nevére kattintva lehet feljebb lépni. Ez a böngésző csak a .asm kiterjesztésű

fájlokat mutatja, más formátumú fájl betöltése ellenjavallt, de alul, középen meg lehet adni ilyen fájlok nevét is. Ebből a menüből a jobb alsó sarokban található „Mégse” gombbal, illetve a jobb felső sarokban levő X-szel lehet kilépni, ha mégsem akarunk új fájlt betölteni.



Miután egy fájlt betöltöttünk, a jobb felső téglalapban található „Végrehajt” gombbal lehet a gombok fölött látható dobozban írt műveletet végrehajtatni (tőle balra olvasható, hogy az eredeti assembly programban hanyadik sorban van), a „Visszavon” gombbal pedig az utolsó végrehajtott műveletet visszavonni. A gombok alatti szövegdobozban olvasható az utolsónak végrehajtott utasítás. Az utolsónak használt gomb ki van emelve vékony kerettel, a kiemelt gombot a szóköz billentyű lenyomásával is lehet működtetni.

A műveletek végrehajtásakor a megváltozó értékek pirossal vannak írva fekete helyett a következő művelete végrehajtásáig.

Az éppen szimulált fájl neve az ablak fejlécében olvasható. A bal felső sarokban található a négy regiszter tartalma. A nagybetűs szöveg a regiszter neve, alatta látható a regiszterekben tárolt byteok, balról jobbra helyiérték szerint növekvően, a szövegtől jobbra pedig látható a regiszterben tárolt teljes érték hexadecimálisan (tizenhatos számrendszerben) ábrázolva – ebben a szokásos jelölésmóddal vannak a helyiértékek, két egymást követő karakter értéke felel meg a másik kijelzőn egy bytenak.

A regiszterektől jobbra láthatóak a flagek, ezek egyes vagy nullás értéket vehetnek fel.

Ezek alatt láthatók a változók tömbje, illetve a verem tömbje. Amennyiben ezek a tömbök elég hosszúak, megjelenik alattuk egy gördítősáv, amivel végig lehet haladni rajtuk. A tárolt számok fölött kiegészítő szövegek lehetnek, a változók esetén ezek jelölik az adott nevű változó első byteját, a verem esetén pedig az *esp* és az *ebp* mutatási helyét (attól egy mezővel jobbra helyezkednek el). Ha ez a két pointer egybe esik, akkor csak az *esp* van kiírva.

Ha a szimuláció a végére ér vagy hibára fut, felugró ablak tájékoztat az eseményről, ekkor a „Végrehajt” gomb szürke lesz és visszalépésig vagy másik fájl betöltéséig nem kattintható.

Lehet szimuláció közben másik fájlt betölteni, viszont ekkor a félbehagyott szimuláció eddigi eredménye elveszik.

A szimulációból kilépni a jobb felső sarokban található X gombbal, illetve a „File” menüben található „Kilépés” opcióval lehet.

A bemeneti fájlok szintaxisa

A program az x86 NASM assembly szintaxisát használja fel alapvetően, viszont az utasításkészlet korlátozott, és bizonyos pontokon vannak engedmények. Hogyha a bemenő fájl szintaxisa nem felel meg a leírtaknak, a program a kezdeti elemzés során hibát jelez.

Az alábbi leírásban használt jelölések:

- **kulcsszó**: a kulcsszó ugyanezzel az írásmóddal szerepelhet (általában kis-nagybetű nem számít)
- < … >: a pontok helyén szereplő kifejezés értelemszerű behelyettesítése
  - pl. <kettőspont> egy darab : karaktert jelöl
  - pl. <azonosító> a program által azonosítóként elfogadott karaktersorozatokat jelöli
    - egy azonosító betűvel, aláhúzással vagy ponttal kezdődik, ezt tetszőleges számú (akár 0) betű, szám, aláhúzás vagy pont követi
    - az azonosító nem egyezhet meg a regiszterek nevével, kis-nagy-betű eltérés nem elég

- < … | … | ... >: a függőleges vonalakkal elválasztott szavak közül pontosan egy szerepel
  - pl. <**resb**|**resw**|**resd**> a **resb**, **resw** és **resd** szavak közül pontosan egyre illeszkedik

A regiszterek a következők:

- eax, ax, al, ah; ebx, bx, bl, bh; ecx, cx, cl, ch; edx, dx, dl, dh
  - az a, b, c vagy d betűkben megegyező regiszterek egyben vannak tárolva, egymással tartalmazásos kapcsolatban vannak
  - pl. az „eax” regiszter 4 byteos, az „ax” regiszter a két alacsony helyiértékű byteja
  - pl. ab „bx” regiszter alacsony helyiértékű byteja „bl”, a nagyobb helyiértékű byteja „bh”
- esp, sp; ebp, bp
  - a fentiekhez hasonlóan itt is tartalmazásos kapcsolat van esp-sp, illetve ebp-bp között
  - „esp” regiszter tartalma határozza meg, hogy a futásidejű veremben hány byte található
    - ha az „esp” regiszterben tárolt érték negatív lenne, a program hibát jelez
  - ezek a regiszterek hivatkozások esetén kitüntetett szerepben vannak – ha közülük egy szerepel, akkor a hivatkozás veremhivatkozás, különben a változók tömbjére hivatkozás
    - pl. „word [esp]” a verem tetejéről kezdve 2 byte

Lehet a bemeneti fájlban pontosvessző (;), ekkor annak a sornak a maradékát a program megjegyzésként kezeli és a szimuláció szempontjából figyelmen kívül hagyja.

A szintaxis tehát a következő:

- <szekciók> -ból épül fel a program, egy szekció a következők valamelyike lehet:
  - **section .data**
    - < <azonosító><kettőspont> <**db**|**dw**|**dd**> <kezdő értékek> kifejezések sorozata, szóközzel vagy sorvéggel elválasztva>
    - változók deklarálása, megadott kezdeti értékkel, a későbbiekben <azonosító> névvel lehet rájuk hivatkozni
    - a <kezdő értékek> számok (legalább egy darab) sorozata, vesszővel elválasztva
    - minden egyes számhoz ami a <kezdő értékek>-ben van a méretjelölőtől függően le lesz foglalva 1(**db**), 2(**dw**) vagy 4(**dd**) byte és az adott számra a felsorolásból lesz inicializálva a változó értéke
      - amennyiben a szám túl nagy (pl. 1000 nem fér el 1 byteon), akkor a magas helyiértékek túlcsordulás miatt elvesznek, ekkor az alacsony helyiértékek nem maximumra, hanem a nekik megfelelő értékre inicializálódnak (fentebbi példa esetén: 1000 modulo 256 = 232-ra)
      - amennyiben a szám kicsi és nem tölti ki az összes megadott byteot, akkor kerülhetnek a magasabb helyiértékekre nullák (és a következő szám illetve változó nem csúszik előrébb)
      - pl: „x: **dw** 11, 66000” összesen 4 byteot foglal le x-nek, értékük a lefoglalás sorrendjében 11, 0, 208, 1
  - **section .bss**
    - < <azonosító><kettőspont> <**resb**|**resw**|**resd**> <szám> kifejezések sorozata, szóközzel vagy sorvéggel elválasztva>
    - változó deklarálása, minden byte 0-ra inicializálva
    - a legfoglalt byteok száma <szám> * a méretjelölő értéke (**resb** = 1, **resw** = 2, **resd** = 4)
      - pl. „x: **resw** 3” kifejezés x-nek 3 * 2 = 6 byteot foglal le
  - **section .text**

        - <utasítások sorozata, szóközökkel vagy sortörésekkel elválasztva>
        - a szekció elején lehet „global <azonosító>” kifejezés, ez jelöli majd a program belépési pontját, ahonnan a végrehajtás elkezdődik
            - pontosan egy helyen kell belépési pontot megjelölni, különben a program hibát jelez
    - **global** <azonosító>
        - megjelöli a program belépési pontját
        - lehet önállóan, szekcióként, nem csak text szekció elején
- <utasítás>
    - <azonosító><kettőspont>
        - megjelöl egy címkét az ugró utasításokhoz: amennyiben egy ugró utasítás <azonosító>-t jelöli meg céljául, akkor (amennyiben történik ugrás) a program végrehajtása a címke definícióját követő első utasítástól folytatódik
        - ha egy azonosító meg van adva ugrás célpontjaként, akkor a programnak pontosan egy címkét kell azzal az azonosítóval tartalmaznia
        - egy azonosító legfeljebb egy címkében szerepelhet
        - szerepelhet ugyanaz az azonosító egyszerre változóként és címkeként is (a hivatkozás kontextusából következik, hogy egy azonosító melyikként lesz értelmezve)
        - a címkéket a szimuláció nem kezeli önálló utasításként, a végrehajtás során átugrik rajtuk
        - minden címkét követnie kell utasításnak – nem követhet címkét egy új szekció vagy fájl vége
    - ugró utasítások:
        - **jmp** <azonosító>
            - az <azonosító>-val megjelölt címkét követő utasítással folytatja a program végrehajtását (a továbbiakban ezt csak „ugrásnak” fogom nevezni)

    - minden ugró utasításnál van lehetőség a címke azonosítója előtt a „**near**” kulcsszó használatára, ennek a szimuláció szempontjából nincs hatása (viszont assembly kódban szerepelhet „hosszú” ugrások jelzésére)
- **ja** <azonosító>
    - amennyiben a sign flag és a zero flag értéke is 0, ugrik
- **jb** <azonosító>
    - amennyiben a sign flag értéke 1, és a zero flag értéke 0, ugrik
- **je** <azonosító>; **jz** <azonosító>
    - amennyiben a zero flag értéke 1, ugrik
- **jna** <azonosító>
    - amennyiben a sign flag vagy a zero flag értéke 1, ugrik
- **jnb** <azonosító>
    - amennyiben a sign flag értéke 0, vagy a zero flag értéke 1, ugrik
- **jne** <azonosító>; **jnz** <azonosító>
    - amennyiben a zero flag értéke 0, ugrik
- **call** <azonosító>
    - elmenti 4 byteon a következő utasítás sorszámát a verembe, majd ugrik
- **ret**
    - kivesz a veremből 4 byteot, majd a következő utasítás sorszámát a kivett értékre állítja
    - amennyiben a verem teteje ugyanoda mutat, ahová az utolsó **call** utasítás végrehajtása után mutatott (és az az által eltárolt 4 byte nem változott), akkor azt a **call**-t követő utasítástól folytatódik a végrehajtás – a **call** és a **ret** együtt körülbelül egy paraméterek nélküli függvényhívást valósítanak meg
    - a program nem végez ellenőrzést arra, hogy a verem tetejéről megfelelő értéket kapott a művelet – bár nem hibásodik meg a szimuláció, könnyen az utolsó utasítás utánra hivatkozhat, így befejezheti a szimuláció futását

A továbbiakban szereplő utasításoknál a következő jelöléseket alkalmazom:

- <hely>
  - egy olyan helyet jelöl, aminek az értéke módosítható, azaz lehet regiszter, változó- vagy veremhivatkozás
  - hivatkozás esetén a szintaxis: [<érték>]
    - amennyiben az <érték> kifejezése tartalmaz „esp”, „ebp”, „sp” vagy „bp” regiszterre hivatkozást, akkor a veremből veszi ki az értéket a program, hogyha nem tartalmaz ilyet, akkor a változók tömbjéből
    - amennyiben a hivatkozás érvénytelen helyre mutat (olyan változókezdetre, ami nincs a változók tömbjének határain belül, vagy a veremnek egy olyan pontjára, ami nincs a verem teteje és alja között), akkor a program hibát jelez
- <érték>
  - lehet regiszter, <azonosító> vagy konstans, illetve ezekből felépülhet zárójelezésekkel, összeadás (+), kivonás (-), szorzás (*) és osztás (/) műveletekkel
    - <azonosító> esetén az értéke az adott változónak a változók tömbjében elfoglalt első bytejának sorszáma
  - lehet hivatkozás is, ekkor a hivatkozott helyen található byteokból a program előállít egy számot – de hivatkozáson belül nem lehet még egy hivatkozás

A további utasításoknál fontos, hogy egyértelműnek kell lennie az argumentumok méretének, a méretet meghatározhatja regiszter vagy az egyik argumentum előtt szereplő **byte**, **word** vagy **dword** szavak (rendre 1, 2 és 4 byteos argumentumméretre utalnak). Amennyiben nincs méret megadva, vagy két eltérő méret van megadva, a program a kezdeti beolvasásnál hibát jelez.

- **mov** <hely>, <érték>
  - a <hely> által megjelölt helyre bemásolja az <érték>-ben szereplő értéket
- **add** <hely>, <érték>

- a <hely>-en levő értékhez hozzáadja <érték>-et
- amennyiben az összeadás eredménye 0 (nullák összeadásából, vagy túlcsordulás miatt), akkor a zero flag értékét 1-re állítja, különben 0-ra

- **sub** <hely>, <érték>
  - a <hely>-en levő értékből kivonja <érték>-et
  - amennyiben <érték> nagyobb mint a <hely>-en levő szám, akkor a sign flaget 1-re állítja, különben 0-ra
  - amennyiben a kivonás eredménye 0, a zero flaget 1-re állítja, különben 0-ra
- **and** <hely>, <érték>
  - „bitenkénti és” műveletet hajt végre a két argumentumon, az eredményt <hely>-en tárolja el
  - ha a művelet eredménye 0, a zero flaget 1-re állítja, különben 0-ra
- **or** <hely>, <érték>
  - „bitenkénti vagy” műveletet hajt végre a két argumentumon, az eredményt <hely>-en tárolja el
  - ha a művelet eredménye 0 (azaz mindkét argumentum értéke 0), a zero flaget 1-re állítja, különben 0-ra
- **xor** <hely>, <érték>
  - „bitenkénti kizáró vagy” műveletet hajt végre a két argumentumon, az eredményt <hely>-en tárolja el
  - ha a művelet eredménye 0 (a két argumentum egymás bitenkénti komplementere), akkor a zero flaget 1-re állítja, különben 0-ra
- **inc** <hely>
  - a <hely>-en található szám értékét megnöveli eggyel
  - túlcsordulás esetén a zero flaget 1-re állítja, különben 0-ra
- **dec** <hely>
  - a <hely>-en található szám értékét csökkenti eggyel
  - ha az érték 0-ra csökken, akkor a zero flaget 1-re állítja, különben 0-ra
- **not** <hely>

- „bitenkénti nem” műveletet hajt végre a <hely>-en, azaz minden bitet lecserél a komplementerére
- ha a művelet eredménye 0 (csupa egyes volt a <hely>-en a művelet előtt), akkor a zero flaget 1-re állítja, különben 0-ra

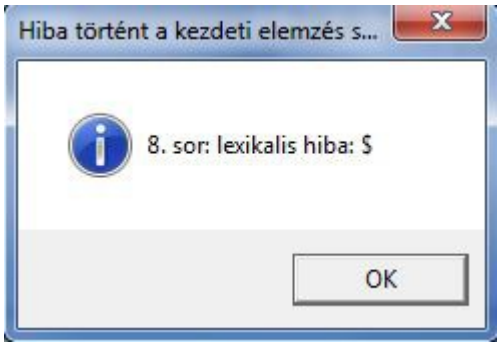
- **cmp** <érték>, <érték>
  - összehasonlítja a két értéket
  - ha megegyeznek, a zero flaget 1-re állítja, különben 0-ra
  - ha az első szám kisebb a másodiknál, a sign flaget 1-re állítja, különben 0-ra
- **mul** <érték>
  - <érték>-nek megadott argumentummérettől függően szorzást végez el
    - ha 1 byteos, akkor „al” regiszterrel szorozza meg, és „ax”-ben tárolja el a szorzás eredményét
    - ha 2 byteos, akkor „ax” regiszterrel szorozza meg, „ax”-ben tárolja el az eredmény kisebb helyiértékű 2 byteját és „dx”-ben a nagyobb helyiértékű 2 byteját
    - ha 4 byteos, akkor „eax” regiszterrel szorozza meg, „eax” regiszterben tárolja el az eredmény 4 alsó helyiértékű byteját és az „edx”-ben a 4 felső helyiértékű byteját
  - ha az eredmény 0, akkor a zero flag értékét 1-re állítja, különben 0-ra
- **div** <érték>
  - <érték>-nek megadott argumentummérettől függően maradékos osztást végez el
    - ha 1 byteos az argumentumméret, akkor az „ax” regiszter tartalmát elosztja <érték>-kel, az eredmény „al”-be, a maradék „ah”-ba kerül
    - ha 2 byteos, akkor összefűzi a „dx” és az „ax” regisztereket 4 byteon (ennek nincs nyoma a regisztererekben), ezt elosztja <érték>-kel, az eredmény „ax”-be, a maradék „dx”-be kerül
    - ha 4 byteos, akkor összefűzi az „edx” és az „eax” regisztereket 8 byteon, ezt elosztja <érték>-kel, az eredmény „eax”-be, a maradék „edx”-be kerül

- **push** <érték>
  - a futásidejű verem tetejére (ami az „esp” regiszter tartalmaz határoz meg) eltárolja <érték>-et az argumentum méret által meghatározott számú byteon, és az „esp” regiszter értékét ennek megfelelően módosítja
  - ha az eltárolás után 268.435.455-nél több byteot tartalmaz a verem, a program hibát jelez
- **pop** <hely>
  - a futásidejű verem tetejéről elvesz az argumentumméretnek megfelelő számú byteot, és <hely>-re eltárolja
  - amennyiben a veremben nincs annyi byte, amennyit a művelet ki akar venni, a program hibát jelez
  - az „esp” regiszter értékét megfelelően módosítja

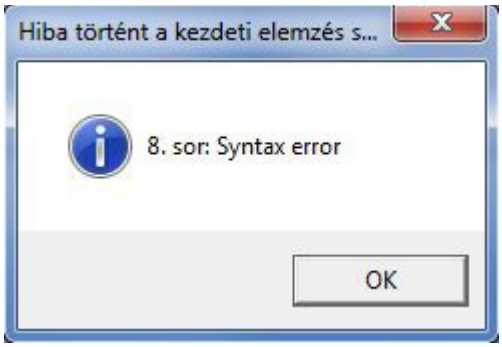
A program futása során fellépő hibaüzenetek

A program a futása során felugró ablakokkal jelzi, ha hibát talál. Ekkor a szimuláció nem folytatható tovább, ha a fájlt kijavítják közben, akkor újra meg kell nyitni. Fontos megjegyezni, hogy ha a program hibát jelez egy ponton, attól még lehetnek a bemeneti fájl későbbi részeiben is hibák, a szimuláció csak a legelső megtalált hibáról tájékoztat.

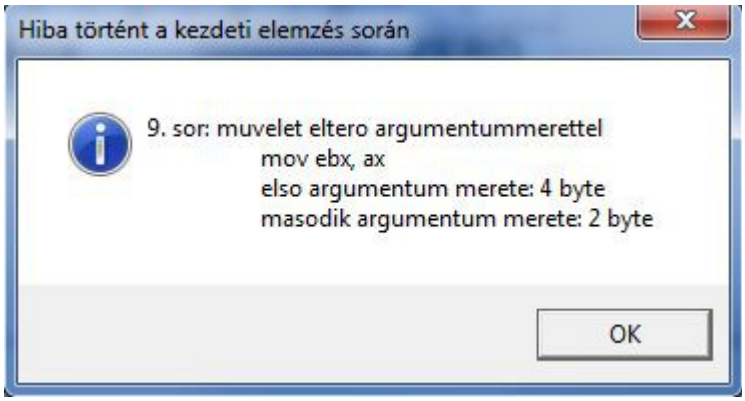
A továbbiakban következnek a lehetséges hibaüzenetek és javaslatok a megoldásukra. A javaslatokat megvalósítása során érdemes a szimulált program céljait is figyelembe venni, hogy a hiba kijavításával a kívánt működést is elérjük.



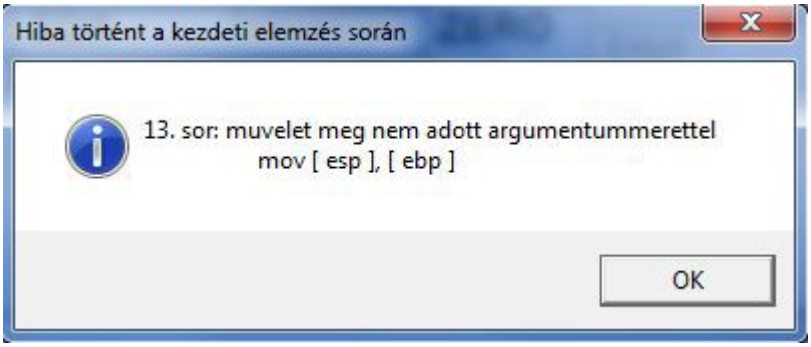
Lexikális hiba: a megnyitott assembly fájlban egy olyan karaktert talált, ami nem ismerhető fel a lexikális elemzés során. A hibaüzenet megadja, hogy hanyadik sorban van a hiba, és milyen karakterrel. Érdemes megnézni, hogy nincs-e abban a sorban elírás.



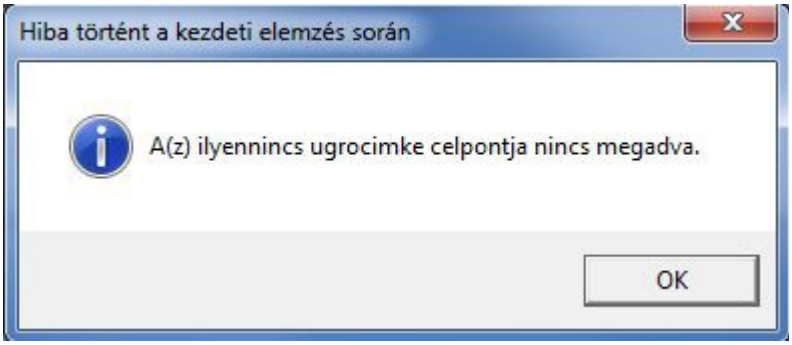
Szintaktikus hiba: a felismert szavakból nem áll elő az előző fejezetben leírt szintaxis. A hibaüzenet tájékoztat a hiba sorszámáról, attól a sortól kezdve javasolt a hiba keresése.



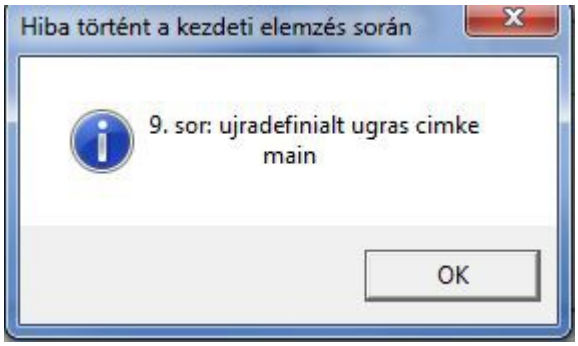
Egy műveletnek a két argumentumának a mérete (byteok száma) eltérő. Az egyik argumentum módosítása (hogy a másikkal megegyező méretű legyen) megoldja a problémát.



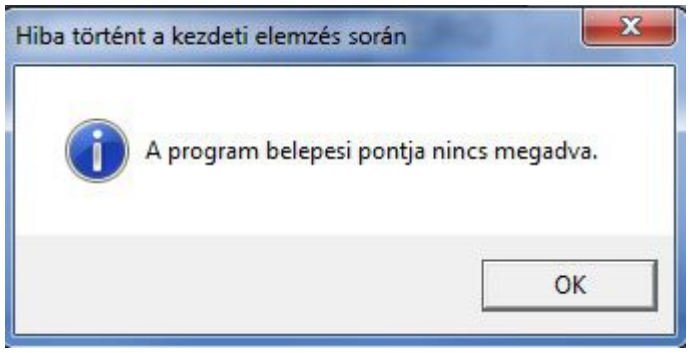
Egy műveletnek nincsen megadva az argumentummérete, nem egyértelmű, hogy hány byteosak az argumentumok. A **byte**, **word** vagy **dword** kulcsszavak valamelyikének beillesztése megszünteti a hibát.



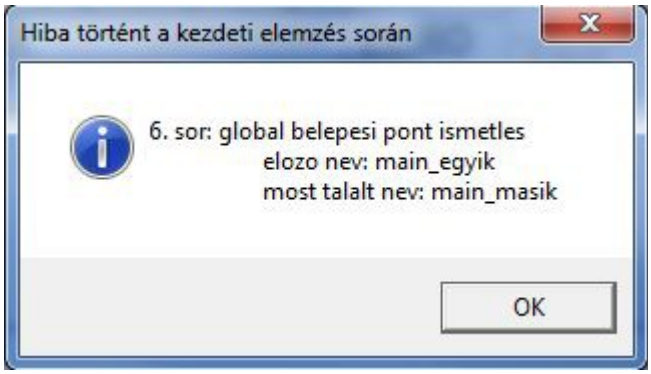
Van hivatkozás egy olyan ugrási címkére, ami nincs definiálva a programban. A címke létrehozásával megszüntethető a probléma.



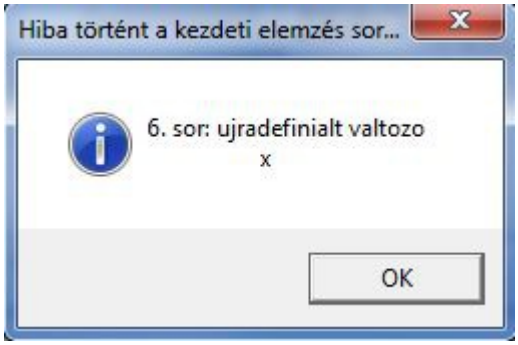
Ugyanazzal az azonosítóval legalább kettő ugrási címke van megadva, a hibaüzenetben írt sorszám a második előfordulást jelöli. Az egyik törlése megoldhatja a problémát, ha nincs belőle még legalább egy harmadik.



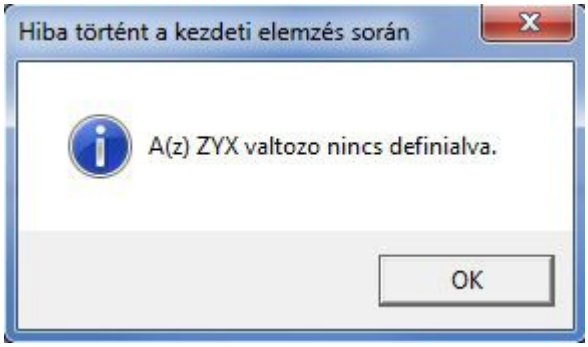
Nincs **global** kulcsszóval megadott belépési címke a fájlban.



A fájlban egynél több **global** kulcsszó van megadva, a hibaüzenet írja a másodiknak a sorszámát és mindkettőnek az azonosítóját.

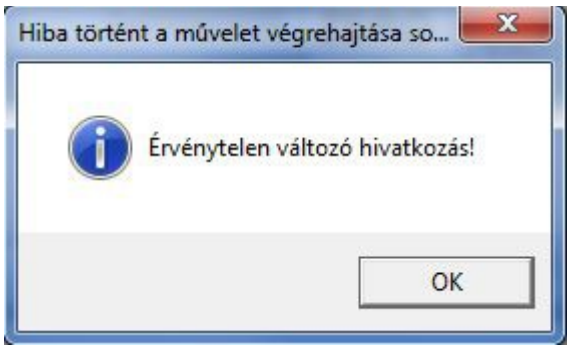


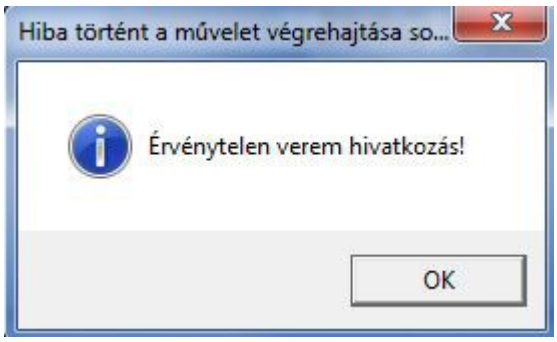
Egy változó legalább kétszer van létrehozva. A megadott sorszám a második definíció helyét jelöli.



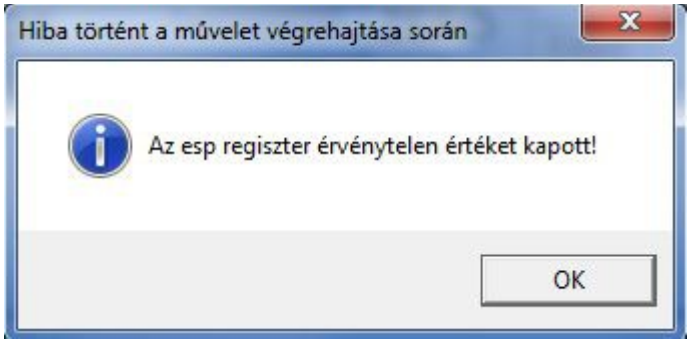
A hibaüzenetben jelzett nevű változóra van hivatkozás, de nincs létrehozva.

Futásidejű hibák:

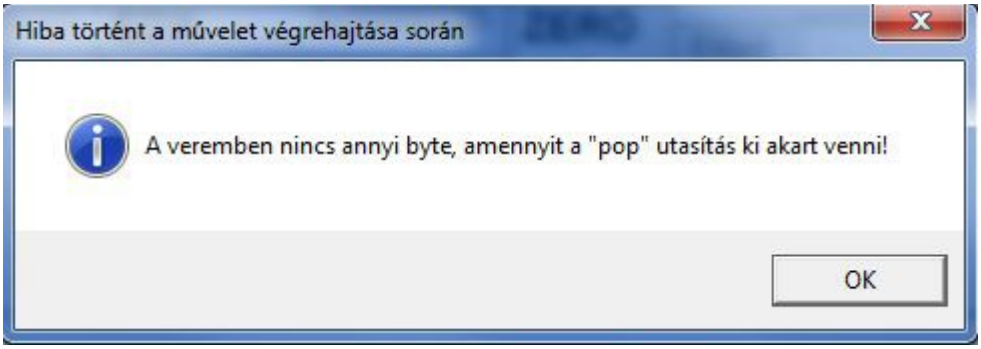




Egy változó vagy verem hivatkozás (szögleteszárójellel) érvénytelen: a változó tömbön vagy a vermen kívülre mutat.



Az *esp* vagy az *sp* regiszter módosítása során az *esp* által jelölt verem mélysége negatív szám lett.



A pop művelet argumentummérete nagyobb byteokban, mint a veremben tárolt byteok száma.

A végrehajtani próbált művelet „**div** 0” valamilyen argumentummérettel, a nullával való osztás nem hajtható végre.

"Megtelt a verem! A tartalom mérete túllépte a 268.435.455 byteot."

A futásidejű verem megtelt. Ez hiba a szimulációs program implementációjából származik, nem feltétlenül a a szimulált programban van a hiba.

Fejlesztői dokumentáció

A program feladata

A program célja, hogy egy x86 NASM assembly utasításokat használó programot utasításonként szimuláljon, azaz minden utasítás után megjelenítse, hogy a program milyen adatokat tárol a regiszterekben, a változókban és a futásidejű veremben.

Megkötések

A program csak bizonyos utasítások felismerésére és végrehajtására képes, ezek a következők:

***mov*, *add*, *sub*, *and*, *or*, *xor*, *cmp*, *inc*, *dec*, *not*, *mul*, *div*; *push*, *pop*; *jmp*, *ja*, *jb*, *je*, *jz*, *jna*, *jnb*, *jne*, *jnz*, *call*, *ret*;**

valamint csak bizonyos regisztereket kezel:

eax, *ebx*, *ecx*, *edx*, *ax*, *bx*, *cx*, *dx*, *ah*, *al*, *bh*, *bl*, *ch*, *cl*, *dh*, *dli esp*, *ebp*, *sp*, *bp*.

az *esp*, *ebp*, *sp*, *bp* regisztereket bizonyos szempontokból (változó hivatkozás) megkülönböztetett módon kezeli

Ezek mellett a szokásos módon lehet változókat deklarálni és inicializálni, belépési módot megadni, sor végéig kommentet írni (amit a szimuláció figyelmen kívül hagy), illetve címkéket elhelyezni (amikhez az ugró utasítás léptetheti a végrehajtást).

A könnyebb használat érdekében bizonyos helyeken nagyobb szabadságot adunk a felhasználónak:

- van lehetőség arra, hogy egy utasításnak mindkét argumentuma memória-hivatkozás legyen (normál esetben legfeljebb az egyik lehet az, a másiknak mindenképp regiszternek vagy konstansnak kell lennie)
- amikor valamilyen konstans szám-értéket akar a programban megadni, lehetőség van arra, hogy aritmetikai műveletek sorozatával adja meg
  - pl: **mov** eax, 256 * 256 * 4 + 256 * 11 + 37

A felhasznált módszerek

A program C++ nyelven íródott, a lexikális elemzést flex által generált lexikális elemző csinálja, a szintaktikus és szemantikus elemzést bisonc++ által generált elemző hajtja végre.

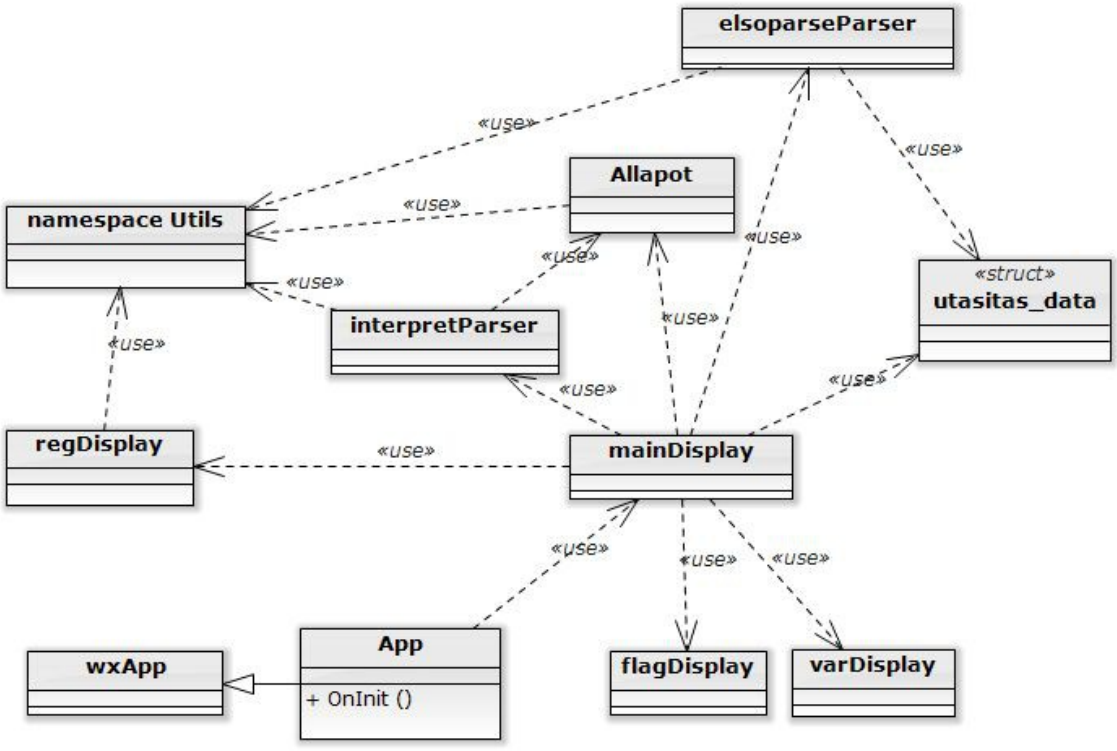
A C++ Standard Template Libraryjéből az std::map, az std::stack és az std::vector osztályokat alkalmaztam.

A grafikus felülethez wxWidgets eseményvezérelt könyvtárat használtam.

A programhoz a kódfájlokat Notepad++ alatt írtam, a fordításhoz a 64-bites Cygwin által csomagként telepíthető x86_64-w64-mingw32-g++ -t használtam. A tesztelés 64-bites Windows7 operációs rendszeren történt.

Mivel a bisonc++ Windows-on nem elérhető, a lexikális és szintaktikus elemzőket virtuális gépen, Debian operációs rendszeren generáltattam le.

Osztálydiagram



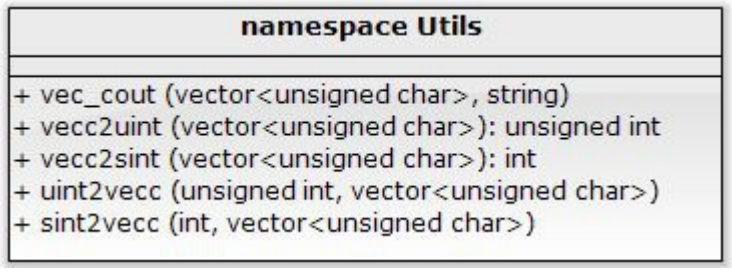
Az egyes osztályok leírásainál láthatók a részletes osztálydiagramok az osztályokról. A „wx” előtaggal kezdődő osztálynevek a wxWidgets library része, azoknak csak a funkciójáról lesz rövid leírás.

App

Az eseményvezérelt környezet elindításáért felelős osztály. Az OnInit() metódusból egy makró segítségével a wxWidgets main()-függvényt generál, ami megadja a program belépési pontját. Ősosztálya, a wxApp teszi ezt lehetővé.

Az egyes osztályok diagramjai, leírásai

namespace Utils



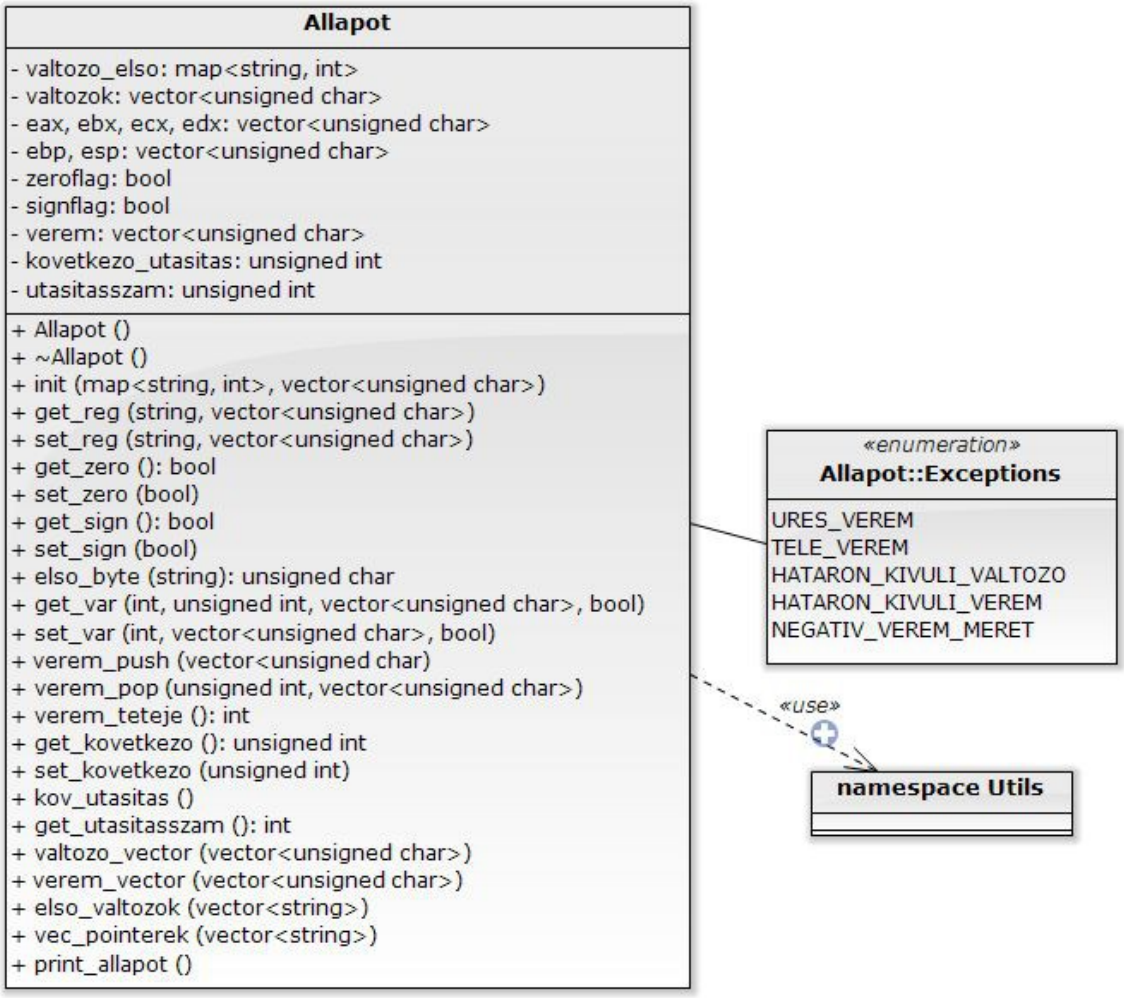
Kisegítő függvényeket tárol. A vektorrá konvertáló műveletek esetén az átadott vektor paraméter hosszának akkorának kell lennie, ahány byteon tárolni akarjuk a kapott eredményt

- vec_cout(vector<unsigned char>, string): kiírja a vektorban található értékeket tabulátorokkal elválasztva; ha a string nem üres, akkor az előtte levő sorba kiírja a string tartalmát
  - elsősorban tesztelésnél és debuggolásnál használt
- vecc2uint(vector<unsigned char>): a vektor tartalmát átkonvertálja előjel nélküli egész számmá, mintha 256-os számrendszerbeli szám lenne, a vektor elején a kisebb helyiértéket tárolva
  - a konverzió egyértelmű
  - uint2vecc(unsigned int, vector<unsigned char>): a számot átkonvertálja vektorrá, ugyanezen elv alapján
- vecc2sint(vector<unsigned char>): a vektor tartalmát átkonvertálja előjeles egész számmá
  - ha a vektor tartalma [255, 255, 255, 15], akkor ez a függvény nullát ad vissza, ha a vektor értéke (úgy, mint 256-os számrendszerbeli szám,

balról jobbra növekvő helyiértékekkel) nő, akkor a visszadott szám csökken

- elsősorban a verem regisztereinek konverziójára szolgál
  - lehetővé teszi, hogy ha pl. az *esp* regiszterhez hozzáadunk 4-et, akkor a verem mérete csökkenjen 4 bytetal (ahogy azt egy assembly program esetében tenné)
- sint2vecc(int, vector<unsigned char>): számot konvertál vektorrá, ugyanezen elv alapján

Allapot



Az ábrázolásnál a tárolt adatok bytejait minden esetben *unsigned char* típussal tároljuk. Ez az osztály az adott bemeneti fájlra egyértelműen meghatározza, hogy a szimulációnak melyik pontján vagyunk.

Adattagok:

- *valtozok*: a változók bytejainak tömbje
- *valtozo_*elso: azonosítókhoz tárolja a változók tömbben hozzá tartozó első byte sorszámát
- *eax*, *ebx*, *ecx*, *edx*, *ebp*, *esp*: regiszterek tömbje
  - az *eax*, *ebx*, *ecx*, *edx* esetén ha a regiszter értéke akkor nulla, ha a tömb összes eleme nulla
  - az *ebp*, *esp* esetén a regiszter értéke akkor nulla, ha Utils::vecc2sint() függvény nullát ad vissza
    - a Utils::vecc2sint() függvény ezekre a regiszterekre nempozitív számot ad vissza, annak az abszolútértéke jelöli, hogy hány byte van a pointer és a verem alja között
- *zeroflag*, *signflag*: a megfelelő flag aktuális értéke
- *verem*: a veremben tárolt byteok tömbje
- *kovetkezo_utasitas*: a következő utasítás sorszáma
- *utasitasszam*: az eddig végrehajtott utasítások száma

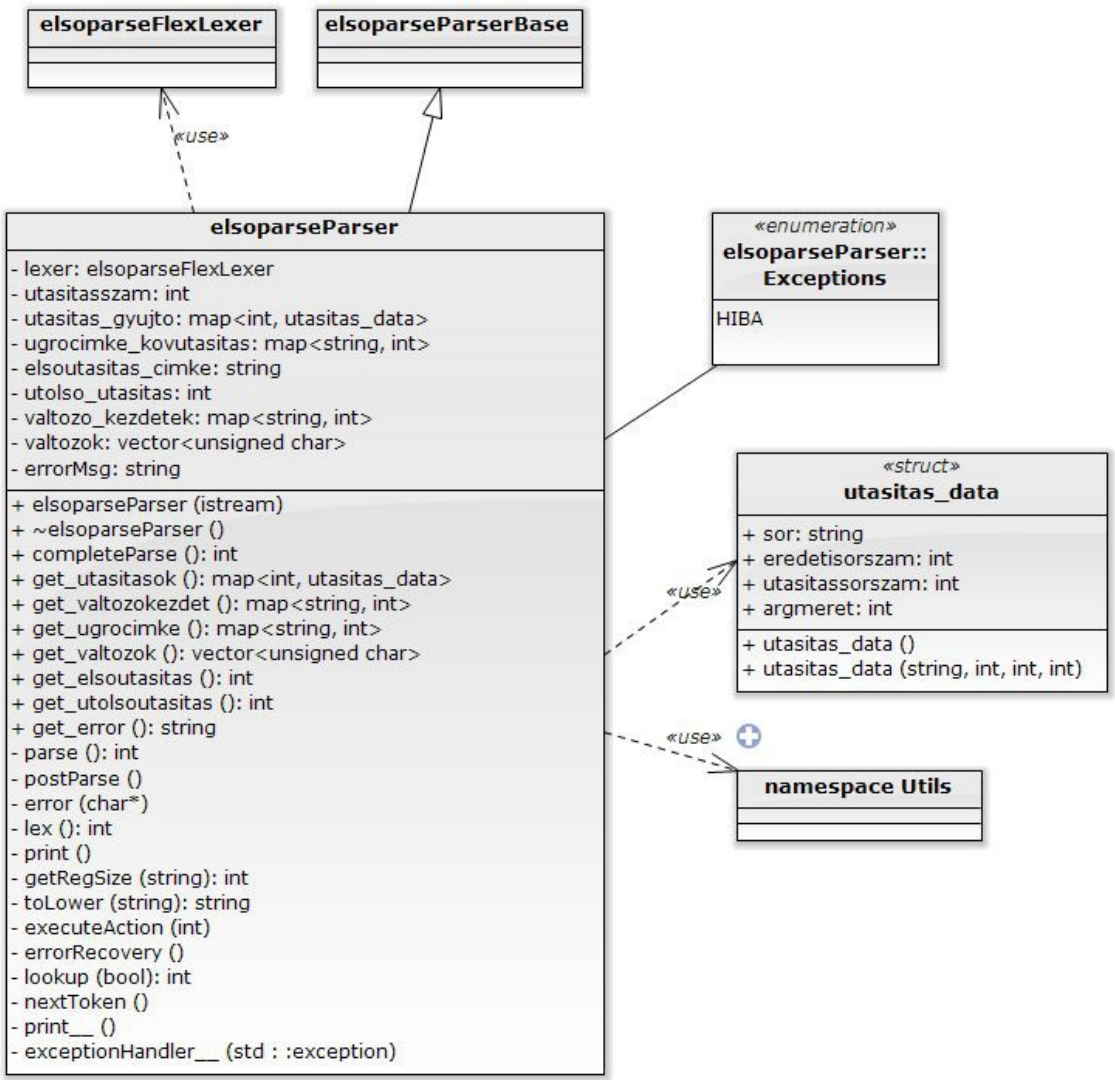
Metódusok:

- Allapot(): konstruktor, inicializálja a regisztereket, a vermet és a flageket
- ~Allapot(): destruktor, jelenleg nem csinál semmit
- init(map<string, int>, vector<unsigned char>): a megadott mappel inicializálja *valtozo_elso*-t, a vektorral pedig *valtozok*-at
- get_reg(string, vector<unsigned char>): a megadott vektorba kimásolja a stringben megadott nevű regiszter értékét
  - ha nem 4 byte méretű regisztert kérdez le a függvény, akkor rövidebb lesz a visszaadott tömb is, és a megfelelő regiszter tartalma kerül bele
  - nem néz teljes egyezést a regiszter nevével, csak bizonyos részleteket – a string hosszát, a regisztert jelölő betűt (a, b, c, d, s)
    - amennyiben a string nem egyezik meg ezen a szinten egy regiszter nevével, akkor a függvény nem csinál semmit (és nem ad hibát)
    - a helyes működés biztosítása a programozó feladata

- set_reg(string, vector<unsigned char>): a stringben megadott nevű regiszterbe bemásolja a vektor tartalmát
  - a get_reg()-hez hasonlóan lehet 4 bytenál rövidebb regiszter nevével is meghívni, ekkor a vektor elejéből vesz ki annyi byteot, amennyi a regiszterbe fér
  - feltételezzük, hogy a vektor hossza legalább akkora, mint ahány byteot ki akarunk másolni belőle, ennek biztosítása a programozó feladata
  - mint a get_reg()-nél, nincs teljes név ellenőrzés
  - dobhat NEGATIV_VEREM_MERET kivételt, amennyiben az *esp* regiszter negatív veremméretet jelölne
- get_zero(): visszaadja a *zeroflag* értékét
- set_zero(bool): beállítja a *zeroflag* értékét
- get_sign(), set_sign(bool): ugyanezek, csak a *signflag*re
- elso_byte(string): visszadja a stringben megnevezett változó első bytejának sorszámát
  - a programozó feladata arról gondoskodni, hogy a lekérdezett változó már tárolva legyen, tehát a kezdeti elemzés részeként érdemes ellenőrizni
- get_var(int, unsigned int, vector<unsigned char>, bool)
  - az int megadja az első byte sorszámát, az unsigned int a lekérdezett byteok számát, a vektor a cél ahova kimásolja a byteokat
  - ha a bool hamis (alapértelmezett), akkor a változók tömbjéből vesz ki, ha igaz, akkor a verem tömbjéből
  - dobhat HATARON_KIVULI_VALTOZO és HATARON_KIVULI_VEREM kivételt, ha az első byte és/vagy a hossz érvénytelen hivatkozást eredményez
- set_var(int, vector<unsigned char>, bool)
  - az intben megadott első byte sorszámától kezdve bemásolja a *valtozok* tömbbe a vektorban megadott értékeket (a darabszámot a vektor hossza határozza meg)
  - ha a bool hamis (alapértelmezett), akkor a változók tömbjét módosítja, ha igaz, akkor a verem tömbjét

    - dobhat HATARON_KIVULI_VALTOZO és HATARON_KIVULI_VEREM kivételt, ha az első byte és/vagy a vektor hossza érvénytelen hivatkozást eredményez
- verem_push(vector<unsigned char>)
    - eltárolja a verembe a vektor tartalmát, *esp* regisztert megfelelően módosítva
    - dobhat TELE_VEREM kivételt, hogyha a veremben a művelet után 268435455-nál több byte van
- verem_pop(unsigned int, vector<unsigned char>)
    - a verem tetejéről kivesz az intben megadott számú byteot, és a vektorba másolja, *esp* regisztert megfelelően módosítva
    - dobhat URES_VEREM kivételt, ha a veremben nincs annyi byte, ahányat ki akar venni
- verem_teteje(): az *esp* regiszter alapján megmondja, hány byte van a veremben
- get_kovetkezo(): megadja a következő utasítás sorszámát
- set_kovetkezo(unsigned int): beállítja a következő utasítás sorszámát
- kov_utasitas(): a *utasitasszam* értékét eggyel növeli
- get_utasitasszam(): visszaadja az *utasitasszam* értékét
- valtozo_vector(vector<unsigned char>), verem_vector(vector<unsigned char>): a megadott tömbbe másolja a lekérdezett tömb elemeit
- elso_valtozok(vector<string>): a megadott tömböt feltölti üres stringekkel vagy az adott sorszámon elkezdődő változó nevével (a *valtozo_elso* mapből)
- vec_pointerek(vector<string>): a megadott tömböt feltölti üres stringekkel, illetve ahova az *esp*, *ebp*, regiszter mutat, oda a megfelelő névvel
- print_allapot(): kiírja a standard kimenetre az objektum tartalmát

elsoparseParser



Az ***elsoparse.y*** fájlból bisonc++ által generált szintaktikus és szemantikus elemző osztály. Ez az osztály hajtja végre az assembly fájl kezdeti beolvasását, és tőle lehet megkapni a szimulációhoz szükséges adatokat.

Az osztály által felismert környezetfüggetlen nyelvtan a következő (nagybetűs szavak jelölik a terminálisokat, kisbetűsek a nemterminálisokat):

- start → szekciok
- szekciok → szekcio szekciok | szekcio
- szekcio → global | SECTION DATA datadeklaraciok | SECTION BSS bssdeklaraciok | SECTION TEXT utasitasok | SECTION TEXT global utasitasok

- global → GLOBAL AZONOSITO
- datadeklaraciok → datadecl datadeklaraciok | datadecl
- bssdeklaraciok → bssdecl bssdeklaraciok | bssdecl
- datadecl → AZONOSITO KETTOSPONT meretdata szamok
- szamok → szamok VESSZO SZAM | SZAM
- bssdecl → AZONOSITO KETTOSPONT meretbss SZAM
- meretdata → DB | DW | DD
- meretbss → RESB | RESW | RESD
- utasitasok → utasitas utasitasok | utasitas
- utasitas → KETARGUMENTUMOS argumentum VESSZO argumentum | EGYARGUMENTUMOS argumentum | UGROUTAS AZONOSITO | UGROUTAS NEAR AZONOSITO | RET | cimke utasitas
- címke → AZONOSITO KETTOSPONT
- argumentum → kifejezes | BYTE kifejezes | WORD kifejezes | DWORD kifejezes | NYITOSZOGZAROJEL kifejezes CSUKOSZOGZAROJEL | BYTE NYITOSZOGZAROJEL kifejezes CSUKOSZOGZAROJEL | WORD NYITOSZOGZAROJEL kifejezes CSUKOSZOGZAROJEL | DWORD NYITOSZOGZAROJEL kifejezes CSUKOSZOGZAROJEL
- kifejezes → NYITOZAROJEL kifejezes CSUKOZAROJEL | kifejezes MULTIPLY kifejezes | kifejezes DIVIDE kifejezes | kifejezes PLUS kifejezes | kifejezes MINUS kifejezes | REGISZTER | AZONOSITO | SZAM

Kisegítő osztályai:

- elsoparseFlexLexer
  - az ***elsoparse.l*** fájlból flex által generált lexikális elemző
- elsoparseParserBase
  - bisonc++ által generált ősosztály
- utasitas_data
  - az beolvasott utasításokat ilyen struktúrában tárolva menti el, az eredeti programbeli sorszámával, hogy hányadik utasításként van számontartva, illetve hogy az argumentumok hány byteosak

Adattagok:

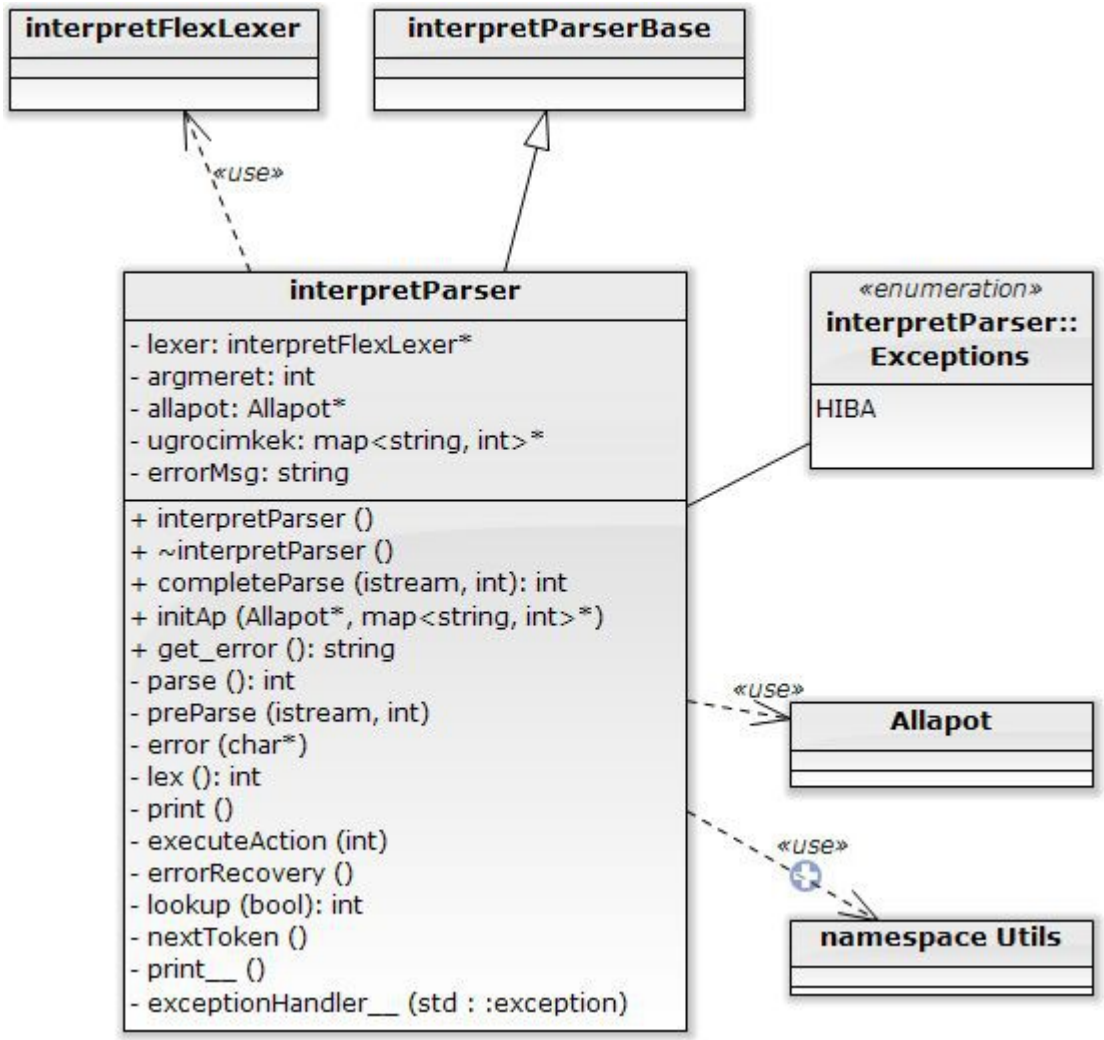
- *lexer*: a flex által generált lexikális elemző
- *utasitasszam*: hány utasítás van eltárolva jelenleg
- *utasitas_gyujto*: számhoz hozzárendelve az, hogy az adott számmal milyen utasítás van eltárolva
- *ugrocimke_kovutasitas*: a címkékhez hozzárendelve, hogy hanyadik utasítás követi őket
- *elsoutasitas_cimke*: a **global** kulcsszóval megjelölt belépési pontja az assembly programnak
- *utolso_utasitas*: az elemzés végén az a szám, amihez már nem tartozik utasítás – amennyiben a szimulációnál a jelenlegi utasítás felveszi ezt a számot, véget ért a szimuláció
- *valtozo_kezdetek*: a változók azonosítóihoz hozzárendeli, hogy hanyadik bytetól indul az a változó
- *valtozok*: az eltárolt változók kezdeti értékei
- *errorMsg*: hiba esetén HIBA kivételt dob az elemző, és ez tárolja a hiba üzenetét

Metódusok:

- elsoparseParser(istream): inicializálja az adattagokat
- ~elsoparseParser(): destruktor, jelenleg nem csinál semmit
- completeParse(): meghívja a parse() metódust, majd a postParse() metódust
- get_utasitasok(), get_valtozokezdet(), get_ugrocimke(), get_valtozok(), get_elsoutasitas(), get_utolsoutasitas(), get_error(): lekérdező műveletek az adattagokhoz
- parse(): a bisonc++ által generált, a teljes elemzést végrehajtó metódus az ***elsoparse.y*** fájlban leírt nyelvtan alapján
- postParse(): az elemzés utáni ellenőrzéseket végrehajtó metódus: minden hivatkozott címke definiálva van-e, minden hivatkozott változó deklarálva van-e, van belépési pontja a programnak

- getRegSize(string): egy regiszterre megmondja, hogy hány byteos
- toLower(string): visszatér a szöveggel, csupa kisbetűvel
- error(char*), lex(), print(), executeAction(int), errorRecovery(), lookup(bool), nextToken(), print__(), exceptionHandler__(std::exception): a bisonc++ által generált, a parseolás során felhasznált metódusok

interpretParser



Az ***interpret.y*** fájlból bisonc++ által generált szintaktikus és szemantikus elemző osztály. Ez az osztály értelmez egy assembly utasítást, és végrehajtja a megfelelő műveleteket a megadott állapoton.

Az osztály által felismert környezetfüggetlen nyelvtan a következő:

- start → utasitas

- utasitas → MOV elsoarg VESSZO masodarg | ADD elsoarg VESSZO masodarg | SUB elsoarg VESSZO masodarg | CMP masodarg VESSZO masodarg | AND elsoarg VESSZO masodarg | OR elsoarg VESSZO masodarg | XOR elsoarg VESSZO masodarg | MUL masodarg | DIV masodarg | INC elsoarg | DEC elsoarg | NOT elsoarg | PUSH masodarg | POP elsoarg | ugroutas AZONOSITO | CALL AZONOSITO | RET
- ugroutas → JMP | JA | JB | JE | JZ | JNA | JNB | JNE | JNZ
- elsoarg → REGISZTER | NYITOSZOGZAROJEL ertek CSUKOSZOGZAROJEL
- masodarg → ertek | NYITOSZOGZAROJEL ertek CSUKOSZOGZAROJEL
- ertek → NYITOZAROJEL ertek CSUKOZAROJEL | ertek MULTIPLY ertek | ertek DIVIDE ertek | ertek PLUS ertek | ertek MINUS ertek | REGISZTER | AZONOSITO | SZAM

Kisegítő osztályai:

- interpretFlexLexer:
  - az ***interpret.l*** fájlból flex által generált lexikális elemző
- interpretParserBase:
  - bisonc++ által generált ősosztály

Adattagok:

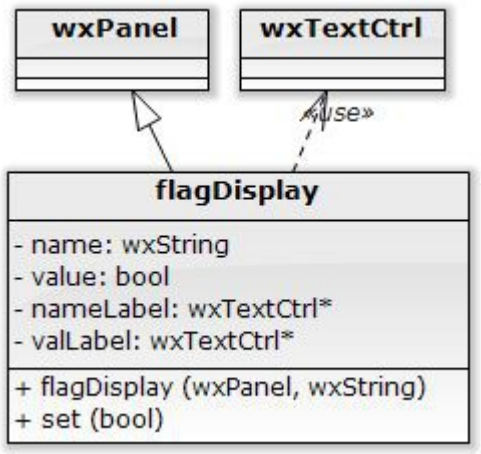
- *lexer*: a flex által generált lexikális elemző
- *argmeret*: az aktuálisan végrehajtott utasításnak az argumentum mérete byteban
- *allapot**: az az Allapot, amit az utasítások hatására módosít
- *ugrocimkek**: ebben tárolja el, hogy melyik címkét hanyas számú utasítás követi
- *errorMsg*: az elemzés során esetlegesen tapasztalt hibák hibaüzenetét tárolja, lehet nullával osztás vagy lexikális hiba

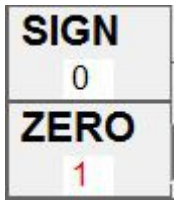
Metódusok:

- interpretParser(): konstruktor, a *lexer* pointert nullpointerre állítja

- ~interpretParser(): destruktor, ha a *lexer* pointer nem nullpointer, akkor törli a *lexer*t
  - az *allapot* és az *ugrocimkek* kívűlről átadott változók, az átadó osztály felelőssége felszabadítani a memóriát (ha dinamikusan vannak lefoglalva)
- completeParse(istream, int): meghívja a preParse() és a parse() függvényeket, illetve az *allapot*-ot a következő utasításra állítja (ami még a parse() futása során módosulhat ugró utasítás esetén)
- initAp(Allapot*, map<string, int>*): inicializálja az *allapot* és az *ugrocimkek* változókat
- get_error(): lekérdezi az *errorMsg* változót
- parse(): a bisonc++ által generált, egy utasítás végrehajtását szimuláló metódus az ***interpret.y*** fájlban leírt nyelvtan alapján
- preParse(istream, int): létrehozza a *lexer*t a megadott adatfolyammal és beállítja az *argmeret* változót
- error(char*), lex(), print(), executeAction(int), errorRecovery(), lookup(bool), nextToken(), print__(), exceptionHandler__(std::exception): a bisonc++ által generált, a parseolás során felhasznált metódusok

flagDisplay





A flag-értékek kijelzéséért felelős osztály. A jobb oldali ábrán látható a megjelenése a programban, a szöveg a flag nevét jelöli, a szám pedig az aktuális értékét.

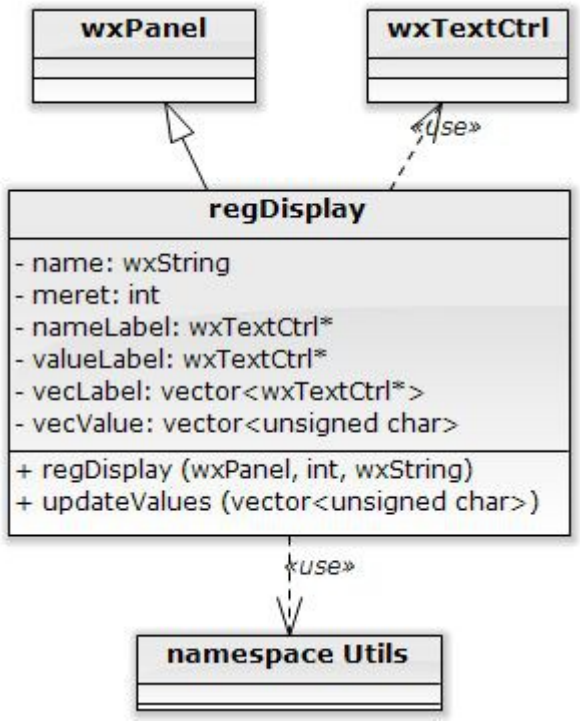
Adattagok:

- *name*: a kiírt név, konstans
- *value*: az aktuálisan felvett érték
- *nameLabel*: a nevet kijelző szövegdoboz
- *valLabel*: az értéket kijelző szövegdoboz

Metódusok:

- flagDisplay(wxPanel, wxString): meghívja az ősosztály konstruktorát, beállítja a panel szülőjét, beállítja a *name* adattagok, inicializálja a szövegdobozokat
- set(bool): beállítja a *value*t, frissíti a *valLabel* tartalmát

regDisplay



A regiszterek tartalmának kijelzéséért felelős osztály. Az ábrán látható a megjelenése a programban, a szöveg a regiszter nevét jelöli, a szöveg alatti

számok a regiszter bytejainak tartalmát (balról jobbra helyiérték szerint növekvően), a név melletti hexadecimális szám pedig a regiszter egészében tárolt értéket (tizenhatos számrendszerben).

EAX				0x000000ad	EBX			0x00000201
173	0	0	0		1	2	0	0
ECX				0x00000000	**EDX**			0x00000002
0	0	0	0		2	0	0	0

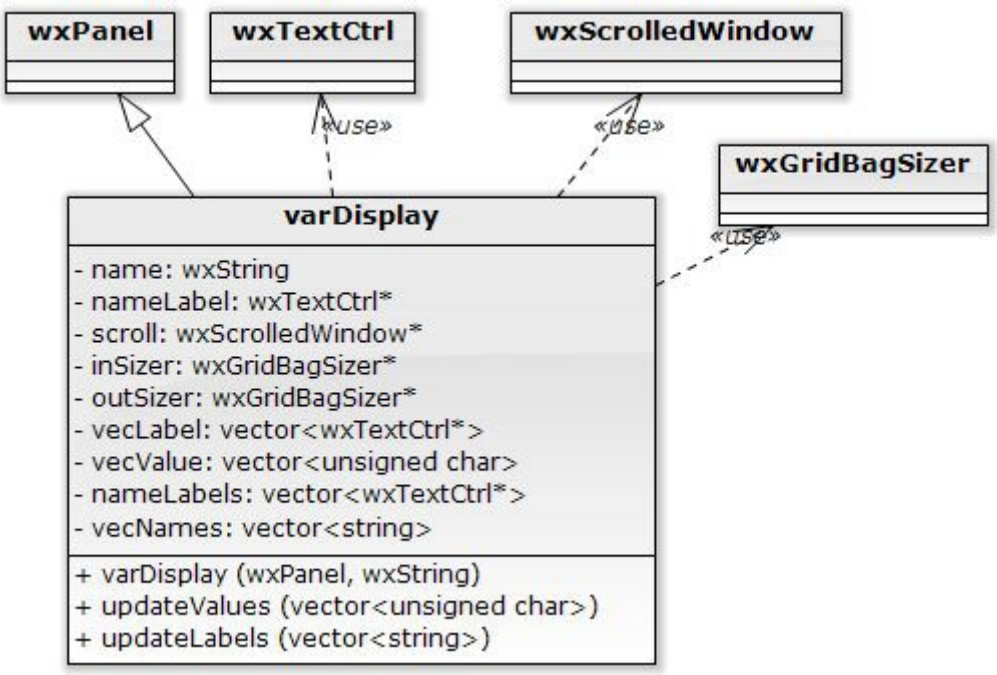
Adattagok:

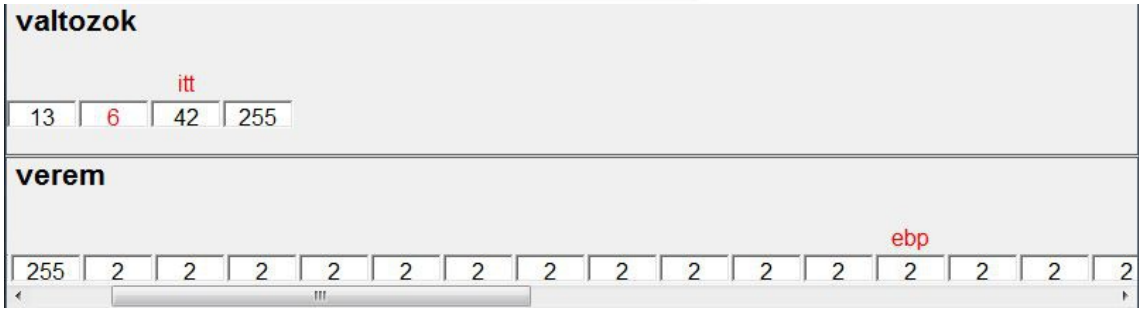
- *name*: a regiszter kiírt neve, konstans
- *meret*: hány byteból áll a regiszter, konstans
- *nameLabel*: a nevet kijelző szövegdoboz
- *valueLabel*: a hexadecimális értéket kijelző szövegdoboz
- *vecLabel*: a byteokat kijelző szövegdobozokat tároló tömb
- *vecValue*: a byteok értékeit tároló tömb

Metódusok:

- regDisplay(wxPanel, int, wxString): meghívja az ősosztály konstruktorát, beállítja a panel szülőjét, beállítja a *name* és a *meret* adattagokat, létrehozza a kijelző objektumokat
- updateValues(vector<unsigned char>): módosítja a kijelzett byteokat a tömbben megadottakra, frissíti a *valueLabel* tartalmát is
  - nem ellenőrzi a tömb méretének helyességét, ennek biztosítása a programozó feladata

varDisplay





A változók és a futásidejű verem megjelenítésére szolgáló osztály. A vastag betűs szöveg jelöli, hogy az adott rész melyik célt szolgálja, a számok sorbarendezve jelölik az értékeket, fölöttük a szövegek jelölik a változók kezdetét és a verem pointerek aktuális helyzetét. Ha sok adatot tárol, akkor a téglalap alján megjelenik egy gördítősáv, aminek segítségével végig lehet nézni az egész tömb tartalmát

Adattagok:

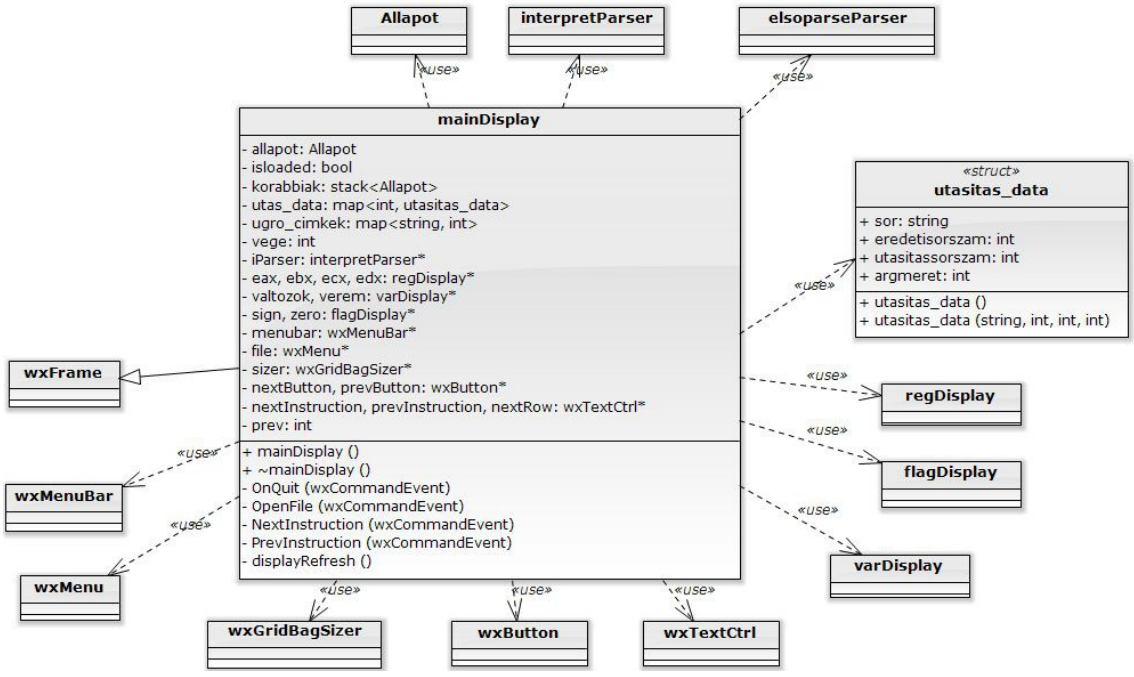
- *name*: az objektum kiírt neve, konstans
- *nameLabel*: az objektum nevét kijelző szövegdoboz
- *scroll*: a gördítősáv megjelenéséért felelős objektum
- *inSizer*: számok és a feliratok elrendezését tároló objektum

- *outSizer*: a név és a gördítőablak elkülönítésére szolgáló, az elhelyezésüket tároló objektum
- *vecLabel*: a számok megjelenítését szolgáló objektumok tömbje
- *vecValue*: az aktuálisan tárolt számok tömbje
- *nameLabels*: a kiegészítő feliratokat megjelenítő objektumok tömbje
- *vecNames*: a kiegészítő feliratokat tároló tömb

Metódusok:

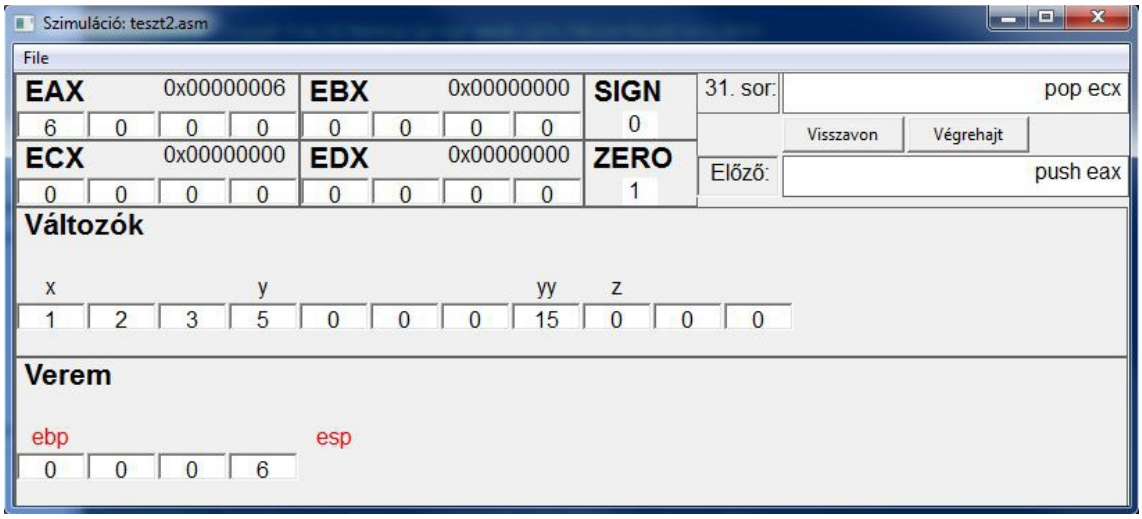
- varDisplay(wxPanel, wxString): az ősosztály konstruktorát meghívja, beállítja az objektum szülőjét, beállítja a *name* adattagot, létrehozza az elrendező objektumokat
- updateValues(vector<unsigned char>): beállítja a kiegészítő feliratokat
- updateLabels(vector<string>): beállítja a kijelzett értékeket
  - a két update-eljárásnál a hasonló tömb-méretek biztosítása a programozó feladata, az osztály nem ellenőrzi őket

mainDisplay



A megjelenítésért, az események kezeléséért és általánosságban a futtatásért felelős osztály. Az eseményvezérlés működését a headerben a

wxDECLARE_EVENT_TABLE() és a wxDECLARE_EVENT() makrók, a forrásfájlban a wxDEFINE_EVENT() és az event-tábla makrók teszik lehetővé.



Adattagok:

- *allapot*: a szimuláció aktuálisan eltárolt állapota
- *isloaded*: tárolja, hogy tovább lehet-e lépni az aktuális utasítás végrehajtásával
- *korabbiak*: a korábbi állapotokat tárolja, lehetővé téve az utasítások visszavonását
- *utas_data*: az elsoparseParser által beolvasott utasítás információkat tárolja
- *ugro_cimkek*: az elsoparseParser által beolvasott ugrási címkéket tárolja, az *iParser* ehhez pointeren keresztül hozzáférést kap (olvasáshoz)
- *vege*: az elsoparseParser által beolvasott utolsó utasítást jelző számot tárolja (ha az allapot.get_kovetkezo() eléri ezt az értéket, akkor nincs több végrehajtható művelet)
- *iParser*: az *allapot* objektumon szimulációt végző interpretParser
- *eax*, *ebx*, *ecx*, *edx*: a regiszterek megjelenítését végző objektumok
- *valtozok*, *verem*: a változók tömbjének és a futásidejű verem megjelenítését végző objektumok
- *sign*, *zero*: a flag-értékek kijelzését végző objektumok
- *menuBar*: a felső menüsáv
- *file*: a menüsáv egyetlen opciója

- *sizer*: a megjelenítő objektumokat rendezi el
- *nextButton*, *prevButton*: a szimuláció következő utasítását végrehajtó illetve utolsó utasítását visszavonó nyomógombok
- *nextInstruction*, *prevInstruction*: a következő és az utolsóként végrehajtott művelet szövegét megjelenítő szövegdobozok
- *nextRow*: a következő utasítás sorszámát (az eredeti fájlban) kiíró szövegdoboz
- *prev*: az aktuális utasítást megelőző sorszáma (a *prevInstruction* szövegéhez szükséges)

Metódusok:

- mainDisplay(): meghívja az ősosztály konstruktorát, létrehozza a megjelenítő objektumokat, elrendezi őket
- ~mainDisplay(): destruktor, ha létre lett hozva *iParser*, akkor kitörli
- OnQuit(wxCommandEvent): kilépési esemény, a *file* menü „Kilépés” gombja hatására fut le, kilépteti a programot
- OpenFile(wxCommandEvent): a *file* menü „Fájl megnyitása” opciójának hatására fut le, fájl dialógus ablak segítségével bekér a felhasználótól egy fájlnevet, azon végrehajtja az elsoparseParser kezdeti elemzését és inicializálja az *allapot* és *iParser* változókat
  - lekezeli a fájl megnyitása és elemzése során fellépő hibaüzeneteket, a felhasználót ezekről felugró ablakkal informálja
- NextInstruction(wxCommandEvent): a „Végrehajt” feliratú *nextButton* nyomógomb megnyomására fut le, az *allapot*ot eltárolja a *korabbiak* verembe, az *iParser* használatával végrehajtja a soron következő utasítást, frissíti a kijelzést
  - az esetlegesen fellépő hibákat (Allapot::Exceptions, interpretParser::Exceptions) elkapja és a felhasználót felugró ablakkal tájékoztatja
  - ha nincs több végrehajtható utasítás, kikapcsolja a *nextButton* gombot

- PrevInstruction(wxCommandEvent): a *korabbiak* tetejéről leveszi az utolsó művelet végrehajtása előtt odahelyezett Allapotot és betölti annak tartalmát
  - a *prevButton* és *nextButton* gombok státuszát megfelelően beállítja

Tesztelés

namespace Utils

Tesztfájl programkódja: ***utils_main.cpp***

Lefordítása „make utils” utasítással, a készített fájl neve teszt_utils.exe

Tesztelés: a vecc2sint() és a sint2vecc() függvények működése.

- 0-át megfelelő vektorrá konvertálnak, az visszakonvertálva is 0.
- -1-et konvertálva és visszakonvertálva az eredmény -1.
- -2-őt konvertálva, visszakonvertálva, 8-at kivonva belőle majd újra oda-visszakonvertálva az eredmény -10
- -12-vel ugyanez, csak 8-at hozzáadva, az eredmény -4

Ezzel jól látható, hogy a vektor átkonvertálása számmá és azon művelet végzés megfelelővé teszi arra, hogy a veremhez tartozó regisztereket átalakítsa, mivel az átalakítás után a hozzáadás csökkenti az abszolútértékét (így *esp* esetén a veremben található byteok számát), ami az assembly nyelv működésével egybevág.

Allapot

Tesztfájl programkódja: ***allapot_main.cpp***

Lefordítása „make allapot” utasítással, a készített fájl neve teszt_allapot.exe

Tesztelés:

- flagek működése: set_sign(), get_sign(), set_zero(), get_zero()
  - alapértelmezetten az értékük 0 (hamis), igazra állítva az értékük 1 (igaz)
- regiszterek működése: set_reg(), get_reg()
  - vektor értékekkel feltöltése, *eax* regiszterbe átmásolása set_reg() utasítással, az *eax* regiszter lekérdezése egy másik vektorba, majd annak kiíratása

  - ugyanez megismétlése az *ah* regiszterrel, ekkor *eax* felső részében még megtalálhatók a korábban belemásolt értékek
  - *ebx*, *ecx*, *edx* regiszterek módosítása, majd a megfelelő rész-regiszterek lekérdezése
  - ezután az *ebx* regiszter lekérdezése, demonstrálva, hogy az *ecx* és az *edx* módosítása nem hatott rá, végül a teljes állapot kiíratása
- verem működése: verem_push(), verem_pop(), set_reg() *esp/ebp*-re, get_reg() *esp/ebp*-re, verem_teteje(), get_var()
  - verembe értékek pusholása, majd verem lekérdezése, utána az adatok poppolása, és összehasonlítás az eredetivel
  - üres veremből poppolás, dobott URES_VEREM kivétel elkapása
  - *esp* regiszter get_reg()-gel lekérdezve, konvertálva, a kapott számból 8 kivonása, visszakonvertálva és set_reg()-gel visszatöltve, a verem helyesen 8 byteot tartalmaz, majd kétszer 4 byte poppolása
  - *ebp*-be *esp* kimásolása (üres verem), 3-szor 4 byte pusholása, majd (*ebp* – 4) és (*ebp* – 8) lekérdezése get_var()-ral
  - *esp* regiszter lekérdezése, 16 hozzáadása, visszatöltése NEGATIV_VEREM_MERET kivételt dobott (mivel a verem -4 byteot tartalmazna)
- változók tesztje: get_var(), set_var(), elso_byte()
  - *valtozok* vektor és *valtozo_elso* inicializálása
  - első byteok lekérdezése
  - set_var(), majd get_var() meghívása ugyanarra az első bytera
  - set_var() meghívása úgy, hogy átcsússzon egy másik változó memóriaterületére (a tömbön belül), majd a változók kiíratása
  - ugyanez megismételve úgy, hogy a másik változónak csak az aljába csússzon bele
  - hibakezelések ellenőrzése, 10 byteos tömbnek a -1. bytetól, illetve 11. byteig lekérdezése, írási kísérlete HATARON_KIVULI_VALTOZO-t dobott
  - ezek után az állapot kiíratása – a regiszterek és a verem változatlanok

- verem limit teszt:
  - végtelen ciklussal 4 byteos vektor pusholása a verembe, ez 67108863 lépés után dobott TELE_VEREM kivételt, összesen 268435452 byte került a verembe

elsoparseParser

Tesztfájl programkódja: ***elsoparse.cpp***

Lefordítása „make elsoparse” utasítással, a készített fájl neve teszt_elsoparse.exe

Tesztelés: a lefuttatjuk a parsert és kiíratjuk a gyűjtött adatokat, amennyiben van megadva a programnak parancssori argumentum, akkor arra a fájlra futtatja le, ha nincs, akkor a teszt1.asm fájlra.

- lefuttatjuk a parsert a bemeneti fájlra
- lekérdezzük a parsertől a kigyűjtött adatokat: get_utasitasok(), get_valtozokezdet(), get_ugrocimke(), get_valtozok(), get_elsoutasitas(), majd iterátorok segítségével végigmegyünk a kapott mapeken és vektoron, és kiírjuk az értékeket
- a kiíratott értékeket összehasonlítjuk a bemenetnek megadott assembly fájl alapján keletkezendő értékekkel
- eközben figyeljük, hogy a parser dob-e kivételt, ha igen, akkor kiírjuk a hiba üzenetét

interpretParser

Tesztfájl programkódja: ***interpret.cpp***

Lefordítása „make interpret” utasítással, a készített fájl neve teszt_interpret.exe

Tesztelés: lefuttatjuk az elsoparseParsert, az általa gyűjtött adatokon és egy Allapot objektumon végigfuttatjuk az interpretParsert. Amennyiben meg van adva parancssori argumentum, akkor arra a fájlra futtatjuk le a szimulációt, ha nincs, akkor a teszt1.asm fájlra.

- lefuttatjuk az elsoparseParsert a bemeneti fájlra, a kapott adatokat kigyűjtjük és inicializálunk vele egy Allapot objektumot

- létrehozzuk az interpretParsert, és inicializáljuk az állapottal és az ugrás címkékkel
- amíg az Allapotban tárolt következő utasítás sorszám nem egyezik meg a kezdeti elemzés során kapott utolsó utasítás számával, addig a következő utasításra lefuttatjuk az interpretParsert
  - a futás után kiíratjuk az Allapot tartalmát és Enter leütéséig várunk a ciklus következő futásával
- menet közben figyeljük, hogy dob-e hibát az Allapot vagy az interpretParser, amennyiben ilyet tapasztalunk, a program kiírja a kapott hiba típusát és kilép

A grafikus felület rész-osztályai

Tesztfájlok programkódjai: ***ui_parts_main.cpp***, ***ui_parts_appmain.cpp***

Lefordítása „make ui_parts” utasítással, a készített fájl neve teszt_ui_parts.exe

Tesztelés: egy módosított mainDisplay osztályt hozunk létre

- létrehozzuk a kijelző osztályokat és elrendezzük őket
- létrehozzuk a menüsávot és belerakjuk a „Fájl megnyitása” opciót
- egy módosított displayRefresh() függvénnyel feltöltjük a regDisplayeket adatokkal, majd ugyanezt a flagDisplayekre és a varDisplayekre
  - a varDisplayekre egy függvényhíváson belül több módosítást is küldünk, hogy ellenőrizzük a méret változtatásával járó viselkedést
- nincs kapcsolat az elsoparseParserrel és az interpretParserrel, csak a megjelenítést ellenőrizzük

A teljes program

Lefordítás „make” paranccsal, a készített fájl neve szimulacio.exe

Tesztelés a mainDisplay osztályon keresztül, annak felhasználói lehetőségeit használva, mind az előre-, mind a visszalépést alkalmazva.

Tesztesetek:

- kezdeti elemzés során észlelt hibás bemeneti fájlok:
  - hibas_argmeret.asm: eltérő argumentum méretek
  - hibas_argmeret_nincs.asm: nem megadott argumentumméretek
  - hibas_cimke_nincs.asm: nem létező címkére hivatkozás

    - hibas_ket_valtozo.asm: ugyanazzal az azonosítóval kétszer definiált változó
    - hibas_lexerror:asm: lexikális hiba
    - hibas_nincs_valtozo.asm: hivatkozott, nem definiált változó
    - hibas_noglobal.asm: nincs belépési pont (**global**) megadva
    - hibas_sok_cimke.asm: ugyanaz a címke kétszer megadva
    - hibas_syntaxerror.asm: szintaktikus hiba
    - hibas_twoglobal.asm: két belépési pont van megadva
- futásidőben hibás bemeneti fájlok:
    - hibas_div0.asm: 0-val osztás
    - hibas_esp.asm: verem mélységének negatívra állítása
    - hibas_ures_pop.asm: üres veremből pop
    - hibas_valtozok.asm, hibas_valtozok2.asm: érvénytelen változó referencia
    - hibas_verem_ref.asm, hibas_verem_ref2.asm: érvénytelen verem referencia
- helyes tesztekre
    - factorial.asm, factorial4.asm: 3 illetve 4 faktoriálisának rekurzív kiszámítása
    - jump_teszt.asm: feltételes ugrások helyességének ellenőrzése
    - valtozok_teszt.asm: változók, veremhivatkozások
    - teszt1.asm: általános tesztelés, változók inicializálása, egyszerű műveletek
    - cimke_teszt.asm: változónévvel megegyező címke
    - logic_div_teszt.asm: logikai műveletek, egyszerű osztás
    - div_overflow.asm: osztás úgy, hogy *edx* regiszterben van magas helyiérték
    - mul_overflow.asm: szorzás úgy, hogy *edx* regiszterbe túlcsordul

- nagyverem.asm: hosszú program, a verembe 400 byte kerül, összesen 500 állapotot tárol el

Továbbfejlesztési lehetőségek

Több művelet, regiszter és flag támogatása.

Felhasználói felület fejlesztése: a hosszabb változónevek is kiférjenek, egyszerre kettőnél több utasítást jelenítsen meg, egy kattintással egynél több lépést hajtson végre, billentyűlenyomással lehessen navigálni, beépített súgó.

Mentési lehetőség: a szimuláció jelenlegi állapotának fájlba kimentése és betöltése.

Memória spórolás: ne tároljon minden egyes Allapotot egy veremben, hanem 5-10 műveletenként mentse csak el, visszalépéskor pedig az utolsónak eltárolttól hajtson végre több műveletet, hogy pontosan egy lépéssel legyen hátrébb.

A CD-lemez tartalma

„futtathato” mappa: a futtatható állományok és a nekik szükséges .dll-ek

„testfiles” mappa: teszt bemeneti fájlok

„forrasfajlok” mappa: forrásállományok

- „cpp” mappa: a forrásfájlok és a Makefile
- „headers” mappa: header állományok
- „elsoparse” mappa: az elsoparseParser előállításához szükséges források
- „interpret” mappa: az interpretParser előállításához szükséges források
  - ez utóbbi két mappában a „.l” kiterjesztés a flex bemenete, a „.y” kiterjesztés a bisonc++ bemenete, a „.h” és a „.ih” a bisonc++ által egyszer legenerált, később általam módosított header (és részleges implementáció) fájlok, a „.yy.cc” a flex által generált allomány, a „.cc” a bisonc++ által generált állomány

„dokumentacio” mappa: az alábbi dokumentáció, „.pdf” formátumban is és a felhasznált képek