Весна 2022

Системное программное обеспечение

Онлайн-лекции

Лекция №3: **Отладчик кодов**

Доцент, к.т.н. ГОЛЬЦОВ Александр Геннадьевич

Отладчик кодов (debugger)

Это инструментальная программа, позволяющая:

- загружать исполнимые файлы, эмулируя действия загрузчика из состава операционной системы;
- дизассемблировать код (расшифровывать мнемоники машинных команд по имеющимся в памяти машинным кодам);
- контролировать содержимое регистров процессора и областей памяти;
- исполнять программу целиком и по шагам (машинным командам);
- устанавливать точки останова (breakpoint) при выполнении программы;
- изменять области памяти и значения в регистрах;
- ассемблировать машинные команды (переводить мнемоники в машинный код)
- и др.

Символьный отладчик

Это инструментальная программа, позволяющая:

- отлаживать исполнимые файлы, написанные на том или ином **языке программирования**;
- использовать имена меток, процедур и переменных, заданные программистом - разработчиком отлаживаемой программы;
- контролировать значения переменных;
- исполнять операторы программы на языке программирования по шагам и программу целиком;
- устанавливать точки останова при выполнении программы;
- изменять значения переменных;
- обычно входят в состав интегрированных сред разработки (IDE) на ЯВУ (Си, Паскаль-Дельфи, FoxPro, ...) и часто работают прямо в окне редактора исходного текста;

Особенности работы программы под отладчиком

- Программа исполняется непосредственно процессором с реальной скоростью процессора, отладчик не эмулирует работу процессора и, как правило, не замедляет программу
- Отладчик тесно взаимодействует с аппаратурой ЭВМ, активно внедряется в систему прерываний

Примеры отладчиков (DOS, i8086)

- Debug - отладчик кодов, составная часть операционной системы DOS, интерфейс командной строки
- AFD - отладчик кодов, интерактивная работа
- Turbo Debugger:
  - отладчик кодов
  - символьный отладчик для программ на Си, Паскале и языке ассемблера
  - входил в состав пакетов Turbo/Borland C/Pascal

Загрузка программы

- Командная строка:
  td my.exe

- Меню:
  File Open... имя exe-файла или com-файла

- После загрузки память выделена и регистры процессора проинициализированы так, как сделал бы загрузчик DOS

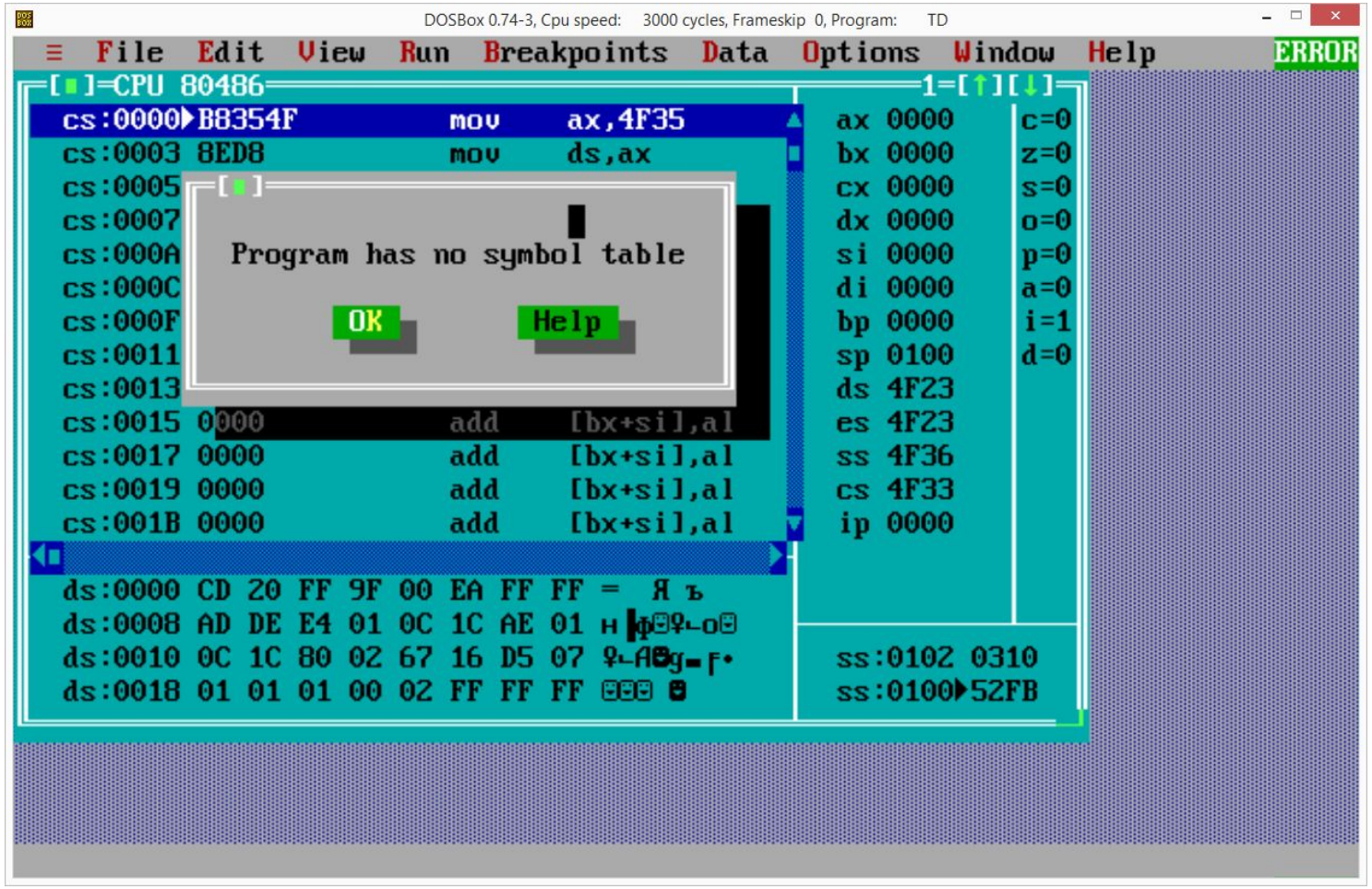
- **Ctrl+F2** - сброс программы, вернуть все в состояние как будто сразу после загрузки.

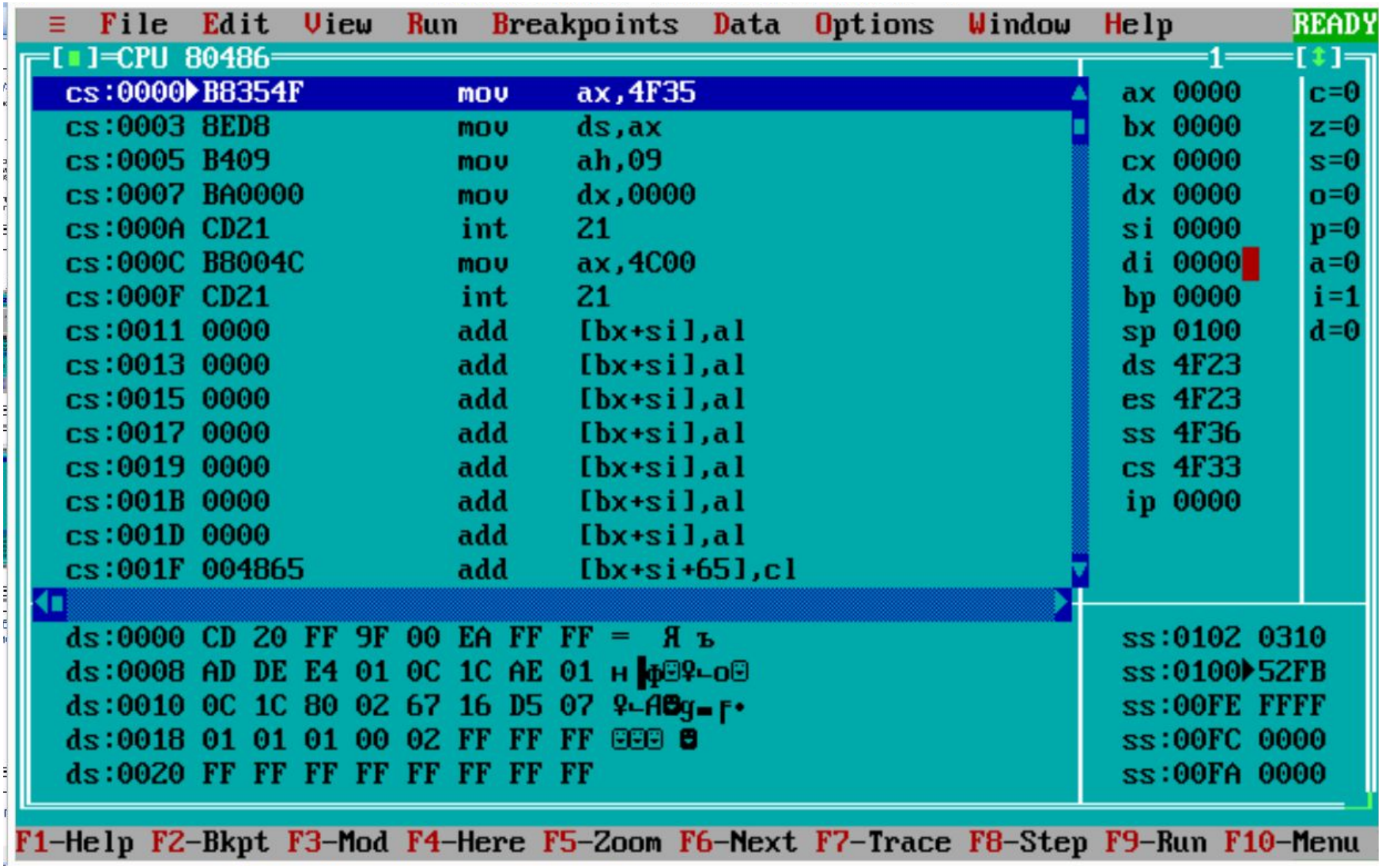
Отлаживаем все тот же пример:

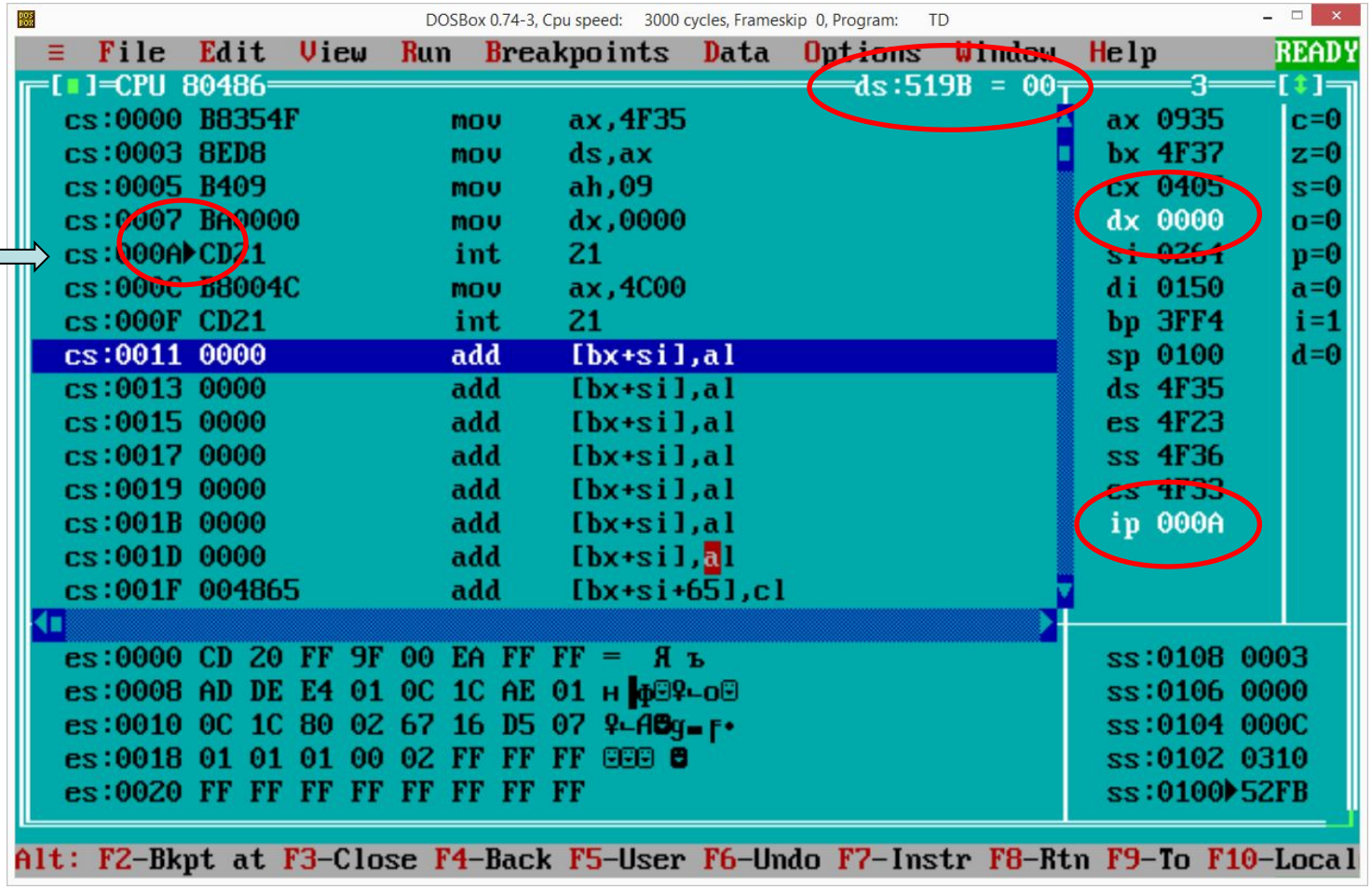
```
.model small      ; один сегмент кода, данных и стека
.stack 100h       ; отвести под стек 256 байт
.data             ; начало сегмента данных
S     db    'Hello, world!$'
.code             ; начало сегмента кода
      ; Начальная инициализация
      mov   ax,@data
      mov   ds,ax       ; настройка DS на начало сегмента данных

      ;-------------------------------------------------
      ; Здесь - код в соответствии с заданием, например
      ; Вывод строки на экран
      mov   ah,9        ; номер функции DOS
      mov   dx,offset S; DS:DX <- адрес строки S
                        ; DS уже проинициализирован ранее
      int   21h         ; Вывод строки на экран в текущей позиции курсора
      ;-------------------------------------------------

      ; Стандартное завершение программы
      mov   ax,4C00h    ; ah = N функции, al = код возврата
      int   21h         ; снять программу с выполнения

      end         ; конец текста программы
```

Окно ЦПУ

- Меню: View □ CPU




File Edit View Run Breakpoints Data Options Window Help READY
CPU 80486
cs:0000 B8354F mov ax,4F35
cs:0003 8ED8 mov ds,ax
cs:0005 B409 mov ah,09
cs:0007 BA0000 mov dx,0000
cs:000A CD21 int 21
cs:000C B8004C mov ax,4C00
cs:000F CD21 int 21
cs:0011 0000 add [bx+si],al
cs:0013 0000 add [bx+si],al
cs:0015 0000 add [bx+si],al
cs:0017 0000 add [bx+si],al
cs:0019 0000 add [bx+si],al
cs:001B 0000 add [bx+si],al
cs:001D 0000 add [bx+si],al
cs:001F 004865 add [bx+si+65],cl
ax 0000
bx 0000
cx 0000
dx 0000
si 0000
di 0000
bp 0000
sp 0100
ds 4F23
es 4F23
ss 4F36
cs 4F33
ip 0000
c=0
z=0
s=0
o=0
p=0
a=0
i=1
d=0
ds:0000 CD 20 FF 9F 00 EA FF FF
ds:0008 AD DE E4 01 0C 1C AE 01
ds:0010 0C 1C 80 02 67 16 D5 07
ds:0018 01 01 01 00 02 FF FF FF
ds:0020 FF FF FF FF FF FF FF FF
ss:0102 0310
ss:0100 52FB
ss:00FE FFFF
ss:00FC 0000
ss:00FA 0000
F1-Help F2-Bkpt F3-Mod F4-Here F5-Zoom F6-Next F7-Trace F8-Step F9-Run F10-Menu



Текущая команда - треугольник (CS:IP). Измененные регистры - белые.

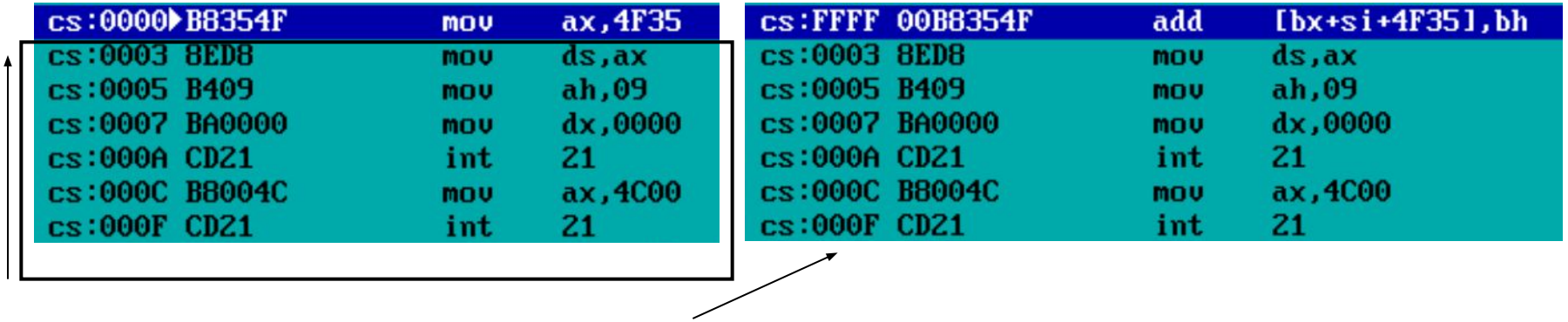
Ячейка, используемая подсвеченной командой - вверху на рамке.

Употребительные клавиши

- **F5** - распахнуть окно отладчика
- **F10** - перейти в меню
- **Alt+F10** - вызвать контекстное меню (правая кнопка мыши)
- **Alt+F5** - посмотреть вид экрана, на который программа производит вывод
- Клавиши выводятся в нижней строке
- При нажатии **Alt** и **Ctrl** - информация меняется

Прокрутка кода клавишами

- Текущая команда отмечена треугольником
- Прокручивать окно дизассемблера вниз можно всегда
- При попытке прокрутить окно вверх дизассемблер очень часто ошибается, хватаясь за самый длинный предшествующий машинный код:



обратите внимание: cs:FFFF=00 - это не предыдущий байт перед cs:0000, это самый конец того же сегмента, смещение которого на 64к БОЛЬШЕ смещения 0

Позиционирование

- Контекстное меню: Goto
  - просто число смещение в том же сегменте
  - два числа через : сегмент и смещение
  - имя сегментного регистра:число сегмент и смещение
  - можно указать любое корректное выражение в качестве адреса, например ds:si или ax
  - просто ds смещение, равное DS!
- При вводе чисел не забываем правила языка ассемблера:
  - число начинается с цифры
  - B, D или H в конце - явный признак формата (двоичное, десятичное, шестнадцатеричное)

Исполнение программы

- **F9** - исполнить с текущей команды до конца (до команды завершения программы) или до точки останова
- **F7** - шаг: исполнить текущую команду и остановиться после этого (если исполняется вызов процедуры – войти в процедуру)
- **F8** - шаг: исполнить текущую и остановиться перед следующей командой (если вызов процедуры – выполнить ее целиком и вернуться)
- **F4** - "сюда": исполнять программу с текущей команды и остановиться на подсвеченной строке
- **F2** - установить/снять точку останова на подсвеченной строке (ТО выделяются красным)

Точки останова (ловушки?)

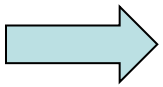
- **Локальные и глобальные:** при выполнении конкретной команды или при выполнении условия
- **Безусловные:** дошли до конкретной команды - остановились
- **Условные:** выполнилось условие - остановились (замедленное выполнение при наличии таких точек останова) локальные и глобальные !
- Условия:
  - произошло обращение к области памяти по определенному адресу известного размера
  - выполнилось условие, например, DX eq 8
- Точки останова можно объединять в группы, чтобы разрешать/запрещать сразу несколько

Как работают точки останова?

- Если включен режим отладки (флаг TF) - после каждой машинной команды генерируется прерывание отладки (прерывание с номером 1) - при его обработке у отладчика есть возможность вычислить глобальное условие

- Команда INT 3 (машинный код CCh): вызов прерывания отладчика
- Отладчик заменяет этой командой места в коде, где нужно остановиться; при срабатывании прерывания отладчик восстанавливает код "как было"

```
cs:0005 B409      mov   ah,09
cs:0007 BA0000    mov   dx,0000
cs:000A CD21      int   21
```



B409
CC0000
CD21

Как и что можно изменять?

- Регистр. Контекстное меню: increment, decrement, change
- Флаг. Контекстное меню: toggle
- Ячейка стека. Контекстное меню: change
- Область дампа.
  - Контекстное меню: change
  - Или просто начать набирать в области дампа или в области символьного вида
- Код. Контекстное меню: assemble

Как искать?

- В области дампа. Контекстное меню: search
  - ввести строку в кавычках или значения байтов
- В области кода. Контекстное меню: search
  - ввести машинный код (байты): 0CDh
  - или ввести мнемонику команды: int 21

Операции с блоками памяти

- В окно дампа, настроиться на нужную область памяти
- Контекстное меню: Block:
  - Clear - залить нулями
  - Move - переместить
  - Set - залить указанным значением
  - Read - прочитать содержимое из файла
  - Write - записать содержимое в файл
- Блок можно выделить в отладчике мышью или указывать его адрес и размер цифрами

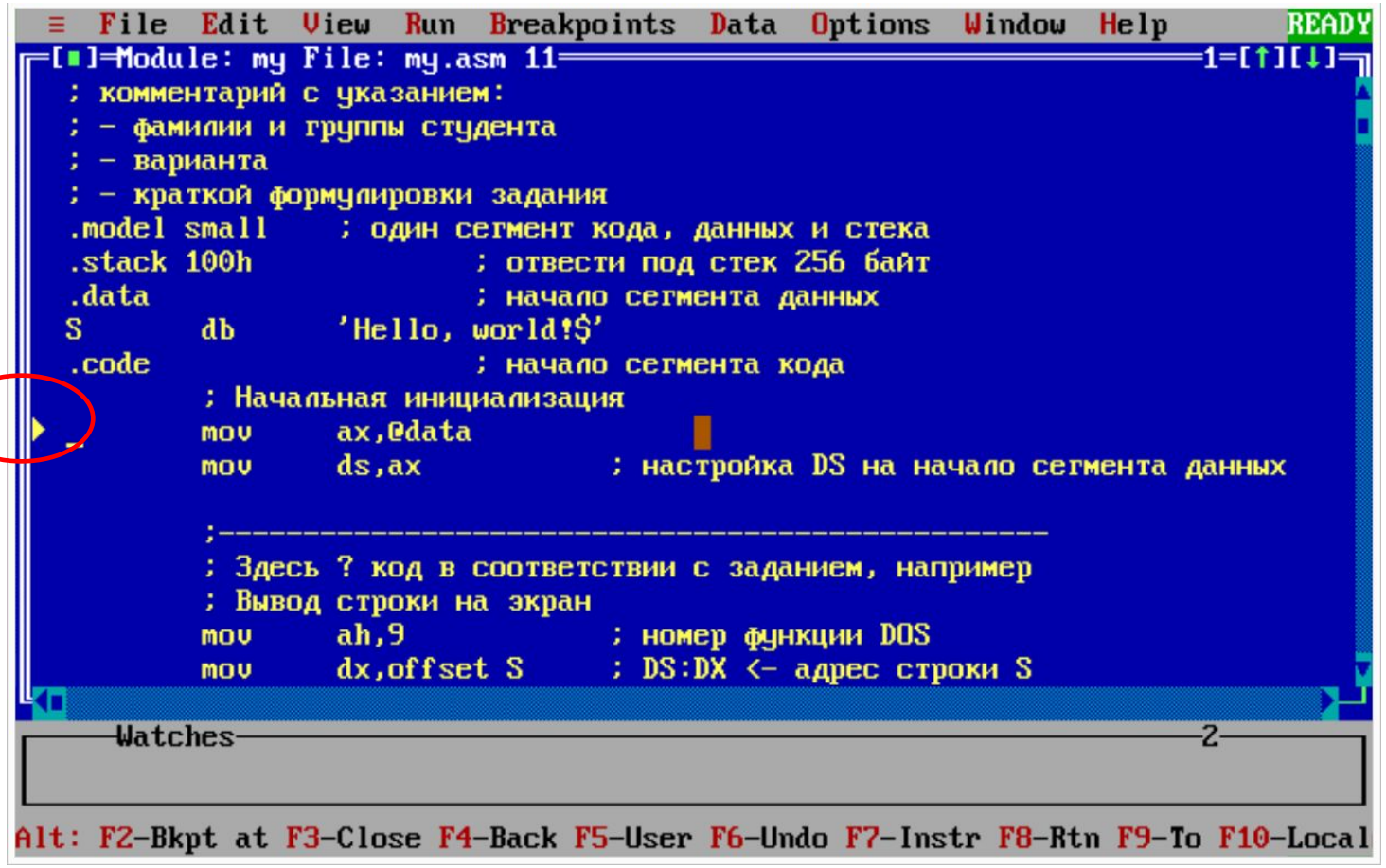
Символьная отладка

- Turbo Debugger - символьный отладчик
- Если в скомпилированную программу включить отладочную информацию - он сможет шагать не по машинным командам, а по строкам вашего исходного текста, и показывать не адреса, а имена меток и переменных
- Он понимает не только ассемблерный исходник, но и исходник на Турбо-Си или Турбо-Паскале
- Исходный текст и исполнимый файл нужно разместить рядом, имя файла исходного текста прописано в отладочной информации в EXE

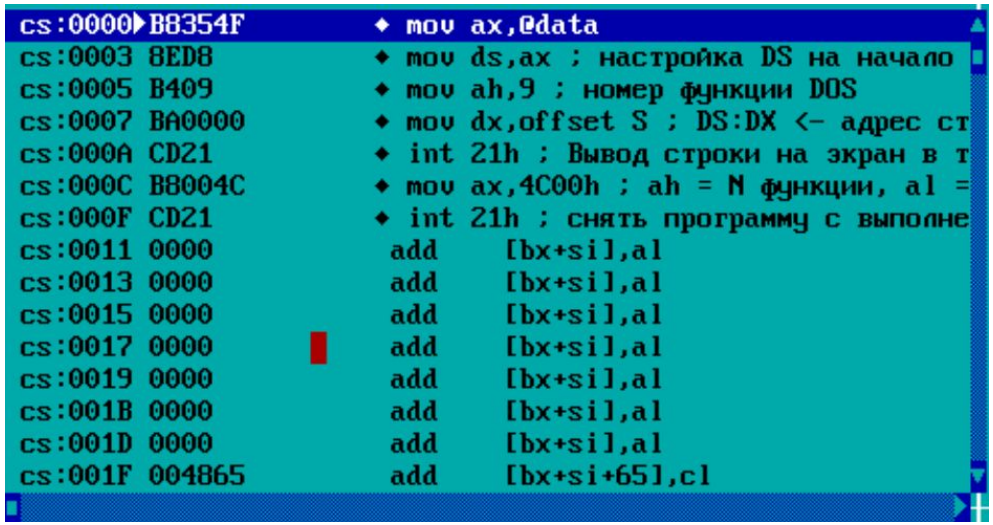
Исходники ASM

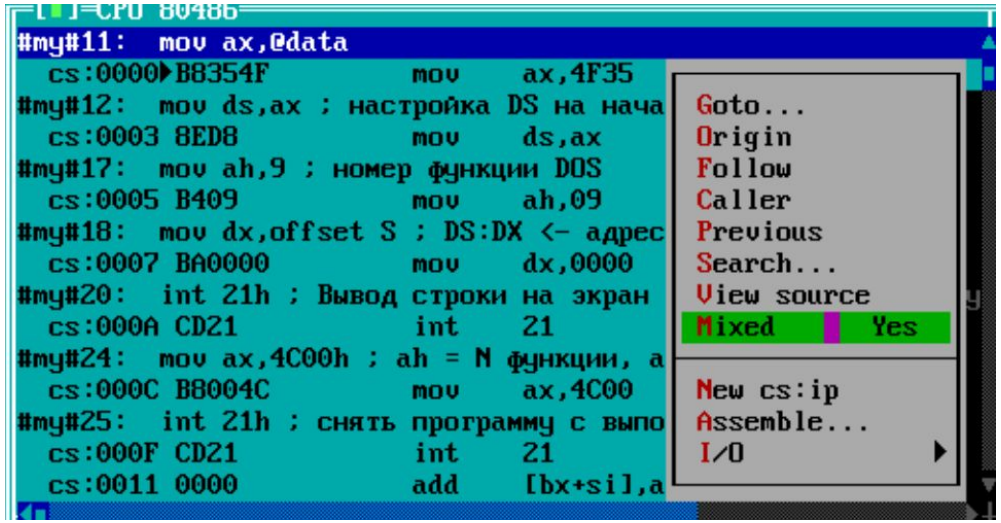
tasm -zi my.asm
tlink -v my.obj
td my

Вернуться в это окно - **F3** или View: Module



Переходим в окно CPU



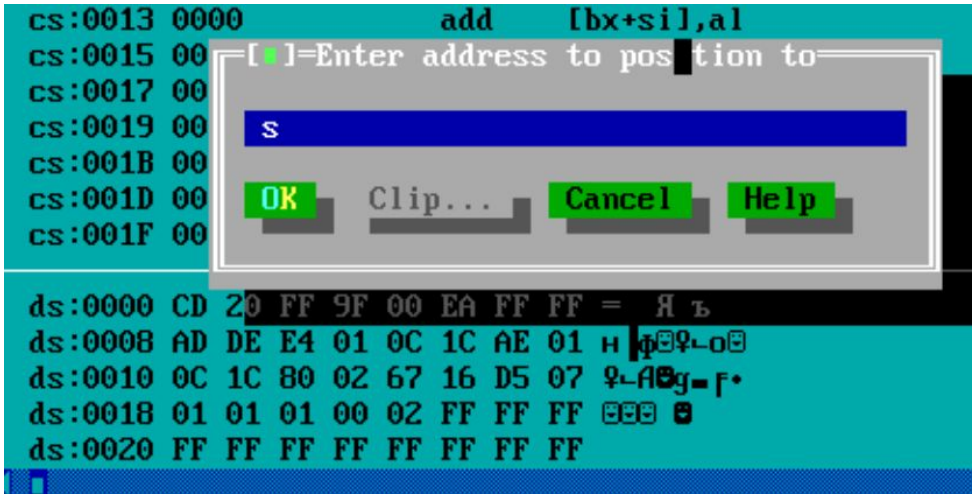


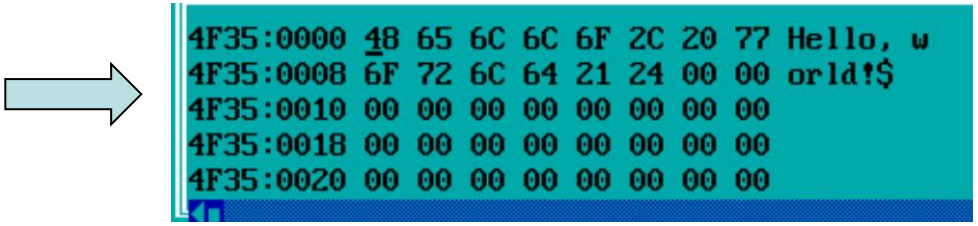
Контекстное меню: Mixed:

- Both - отображать исходный текст вместо дизассемблера, если возможно
- No - отображать только результат дизассемблирования
- Yes - отображать исходный текст и машинный код, получающийся из него (это особенно интересно для ЯВУ)

Используем имя метки

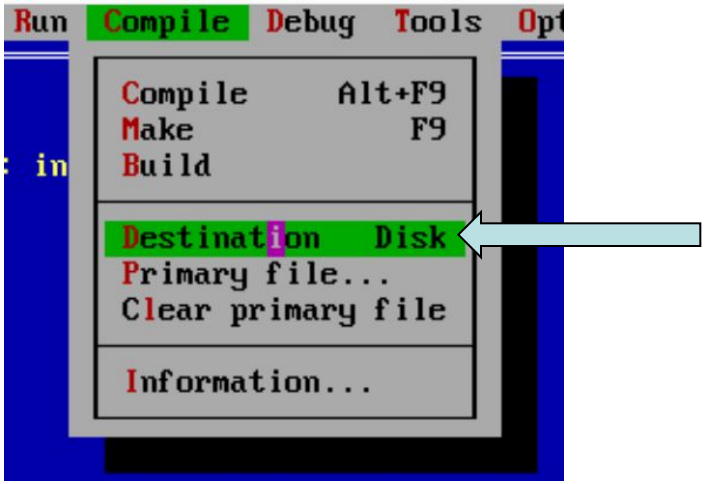
- Переходим в окно дампа
- Goto в контекстном меню
- Вводим просто s (имя метки данных строки)





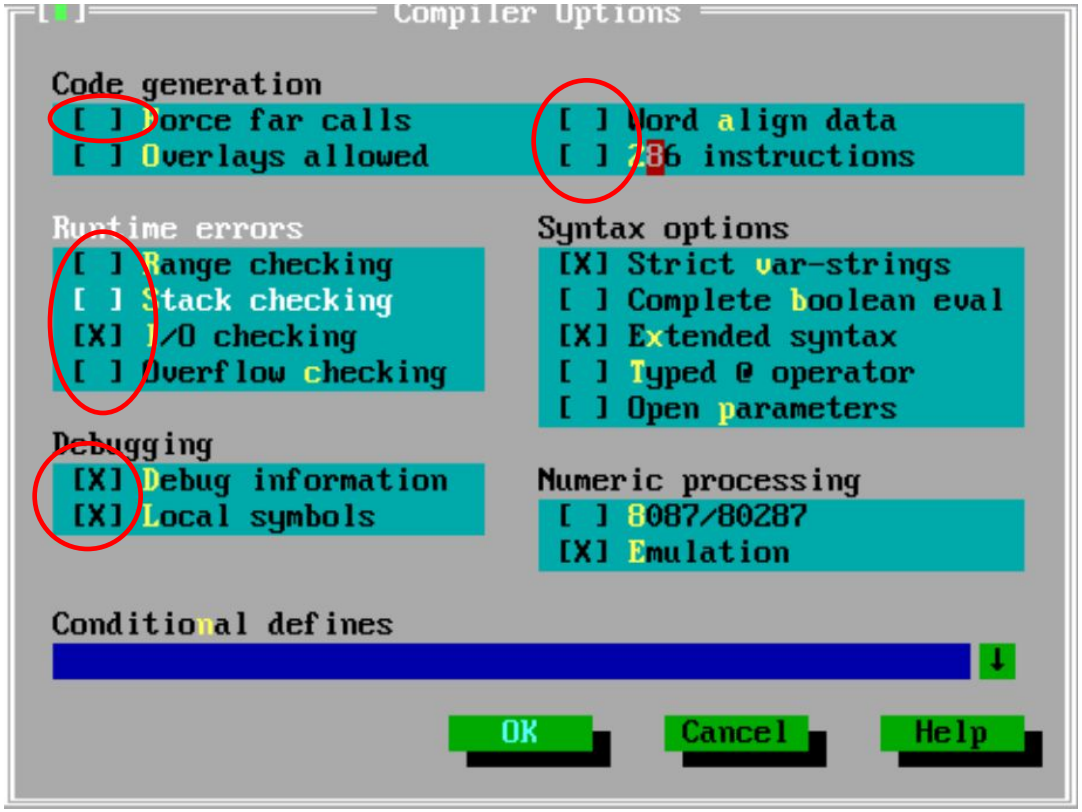
Программа на ЯВУ (Паскаль)

```
program MyPas;

procedure Calc(a,b,c: integer);
  var x,y: integer;
begin
  x:=a+b;
  y:=c-x;
end;

begin
  Calc(5,10,15);
end.
```



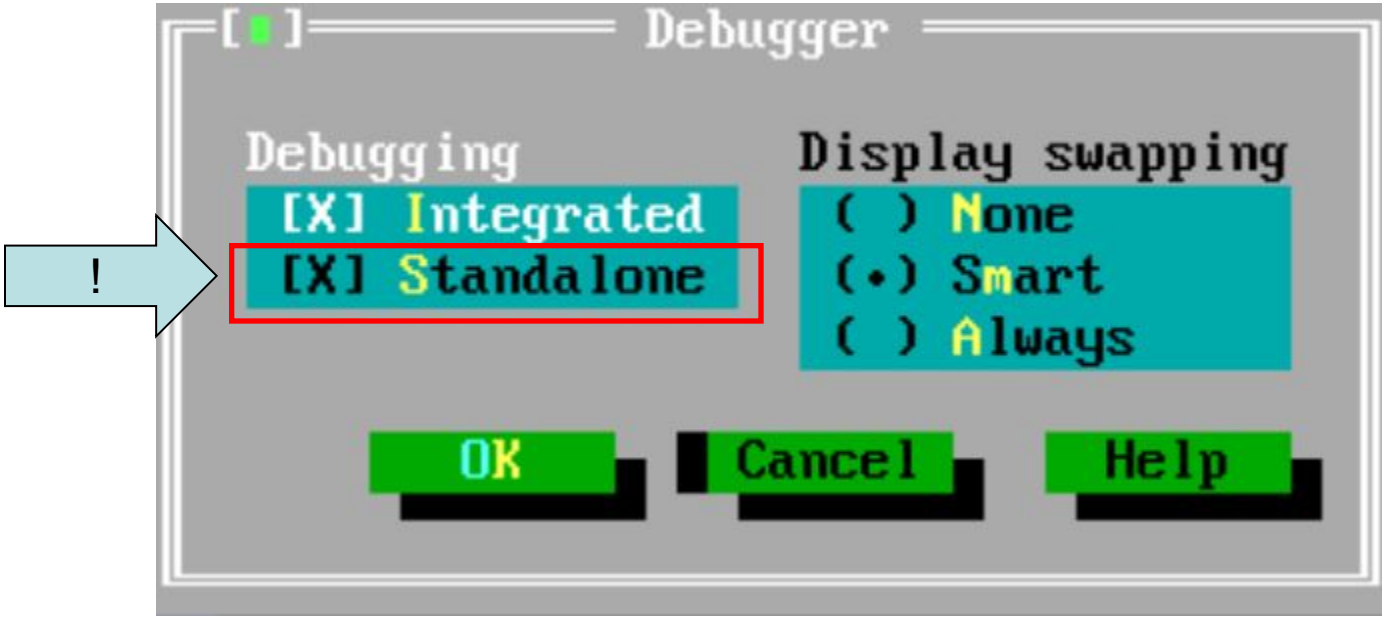
Опции компилятора

Options □ Compiler



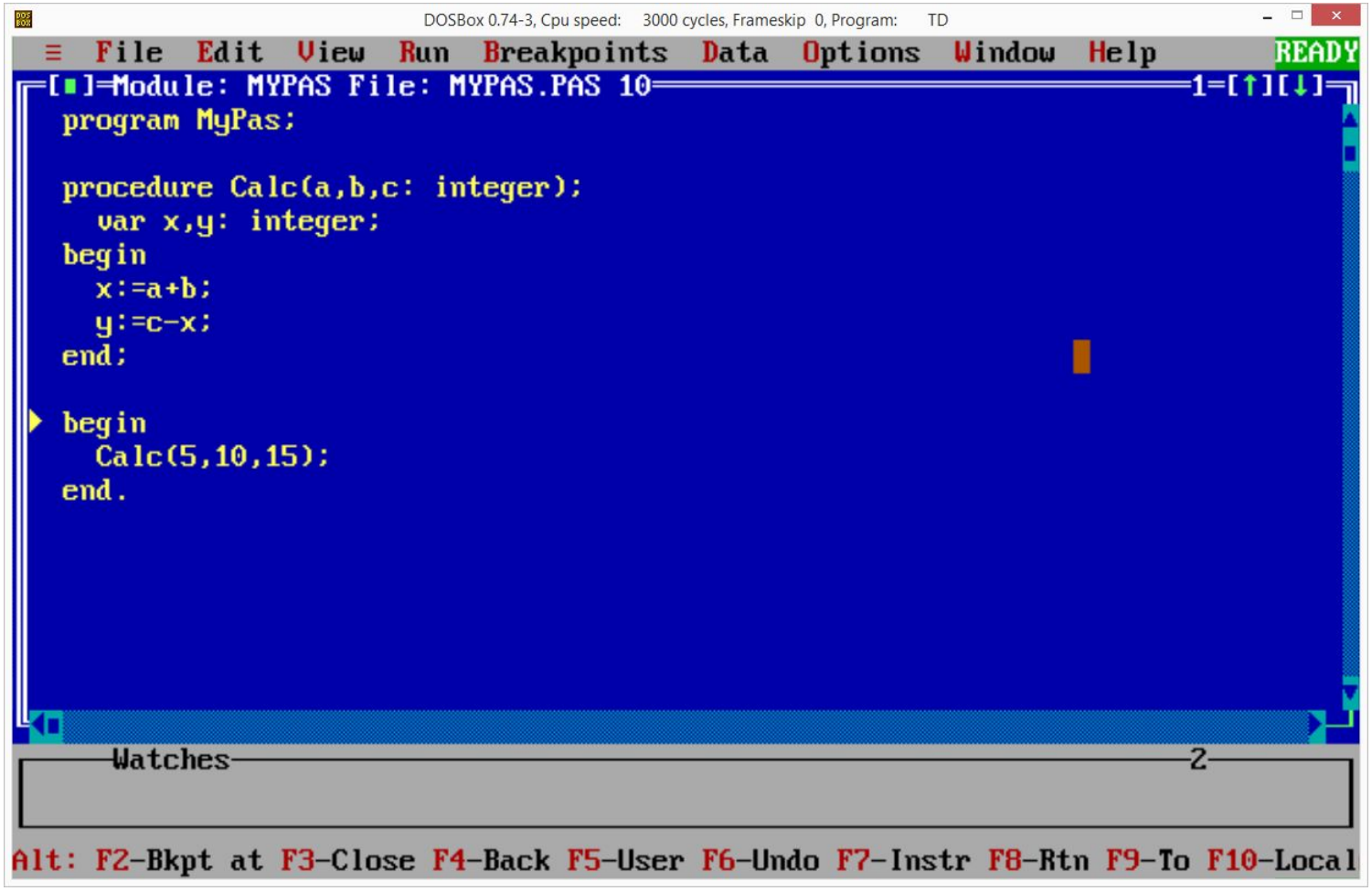
Опции отладчика

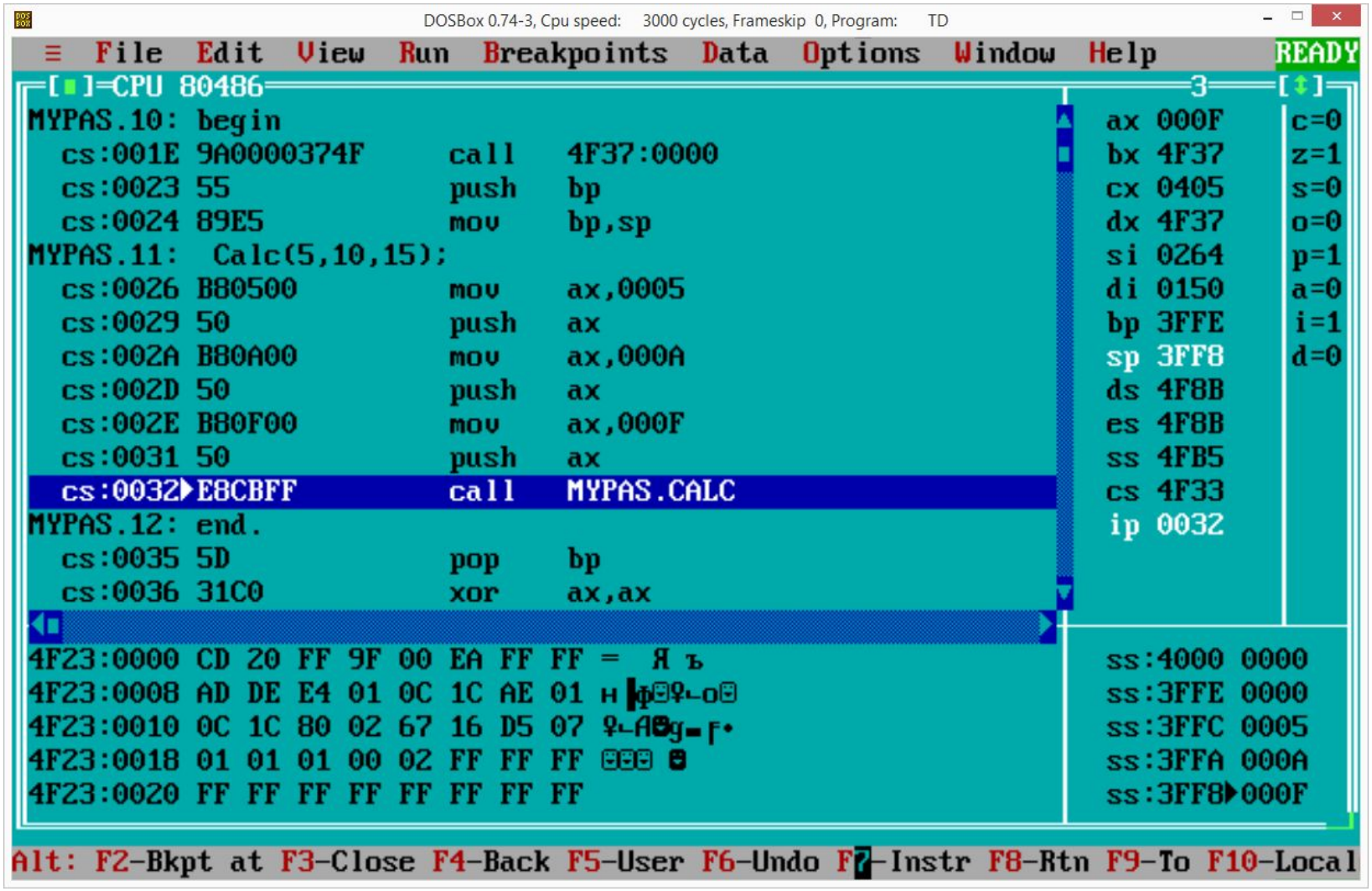
Options □ Debugger

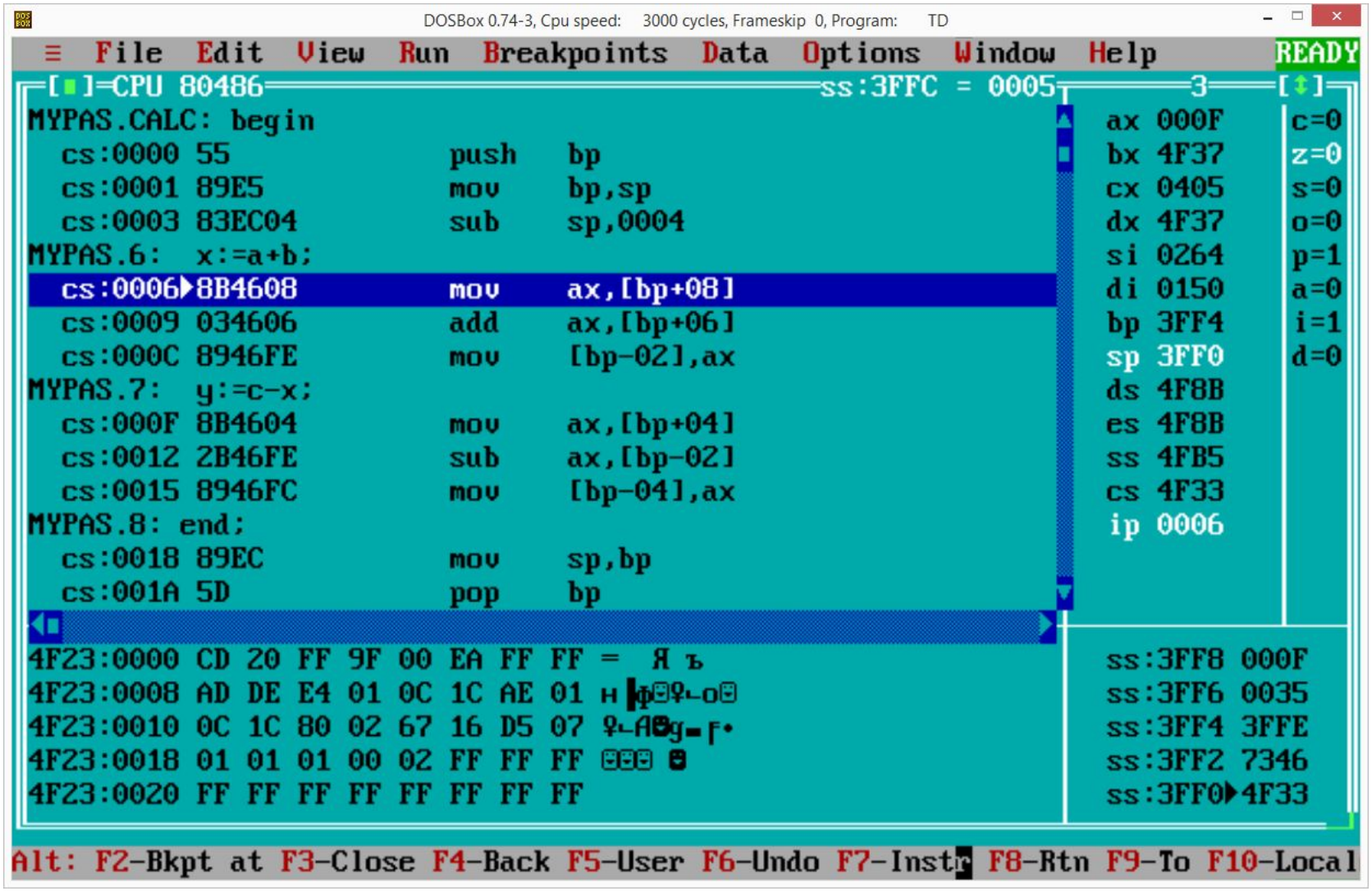


Загрузка в отладчик

td mypas.exe




DOSBox 0.74-3, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: TD
File Edit View Run Breakpoints Data Options Window Help READY
CPU 80486
MYPAS.10: begin
cs:001E 9A0000374F call 4F37:0000
cs:0023 55 push bp
cs:0024 89E5 mov bp,sp
MYPAS.11: Calc(5,10,15);
cs:0026 B80500 mov ax,0005
cs:0029 50 push ax
cs:002A B80A00 mov ax,000A
cs:002D 50 push ax
cs:002E B80F00 mov ax,000F
cs:0031 50 push ax
cs:0032 E8CBFF call MYPAS.CALC
MYPAS.12: end.
cs:0035 5D pop bp
cs:0036 31C0 xor ax,ax
4F23:0000 CD 20 FF 9F 00 EA FF FF
4F23:0008 AD DE E4 01 0C 1C AE 01
4F23:0010 0C 1C 80 02 67 16 D5 07
4F23:0018 01 01 01 00 02 FF FF FF
4F23:0020 FF FF FF FF FF FF FF FF
ax 000F
bx 4F37
cx 0405
dx 4F37
si 0264
di 0150
bp 3FFE
sp 3FF8
ds 4F8B
es 4F8B
ss 4FB5
cs 4F33
ip 0032
c=0
z=1
s=0
o=0
p=1
a=0
i=1
d=0
ss:4000 0000
ss:3FFE 0000
ss:3FFC 0005
ss:3FFA 000A
ss:3FF8 000F
Alt: F2-Bkpt at F3-Close F4-Back F5-User F6-Undo F7-Instr F8-Rtn F9-To F10-Local


DOSBox 0.74-3, Cpu speed: 3000 cycles, Frameskip 0, Program: TD
File Edit View Run Breakpoints Data Options Window Help READY
CPU 80486
ss:3FFC = 0005
MYPAS.CALC: begin
cs:0000 55 push bp
cs:0001 89E5 mov bp,sp
cs:0003 83EC04 sub sp,0004
MYPAS.6: x:=a+b;
cs:0006 8B4608 mov ax,[bp+08]
cs:0009 034606 add ax,[bp+06]
cs:000C 8946FE mov [bp-02],ax
MYPAS.7: y:=c-x;
cs:000F 8B4604 mov ax,[bp+04]
cs:0012 2B46FE sub ax,[bp-02]
cs:0015 8946FC mov [bp-04],ax
MYPAS.8: end;
cs:0018 89EC mov sp,bp
cs:001A 5D pop bp
4F23:0000 CD 20 FF 9F 00 EA FF FF
4F23:0008 AD DE E4 01 0C 1C AE 01
4F23:0010 0C 1C 80 02 67 16 D5 07
4F23:0018 01 01 01 00 02 FF FF FF
4F23:0020 FF FF FF FF FF FF FF FF
ax 000F
bx 4F37
cx 0405
dx 4F37
si 0264
di 0150
bp 3FF4
sp 3FF0
ds 4F8B
es 4F8B
ss 4FB5
cs 4F33
ip 0006
c=0
z=0
s=0
o=0
p=1
a=0
i=1
d=0
ss:3FF8 000F
ss:3FF6 0035
ss:3FF4 3FFE
ss:3FF2 7346
ss:3FF0 4F33
Alt: F2-Bkpt at F3-Close F4-Back F5-User F6-Undo F7-Instr F8-Rtn F9-To F10-Local

Спасибо за внимание.