

Компилятор МультиОберон руководство пользователя

1. Введение.

Copyright © 2019-2021, by [Dmitry Dagaev](#)

Версия 1.1 02-Feb-2021

Отс означает ккомпилятор МультиОберона.

МультиОберон это компилятор языка Оберон с 3 различными бэкендами:

- Генератором нативного кода x86 для системы BlackBox (1.7 с частичной поддержкой 1.6);
- Транслятором Ofront в язык C;
- Генератором кода LLVM.

МультиОберон это кроссплатформенный компилятор с поддержкой:

- Windows X86;
- Windows X64;
- Linux X86;
- Linux X64;
- Raspberry Pi OS ArmV71;
- Ubuntu Linux Aarch64 (64-bit Raspberry Pi).

МультиОберон это масштабируемая технология на основе систем ограничений с начальной точкой в виде синтаксиса Компонентного Паскаля. МультиОберон предназначен для работы из среды BlackBox и из командной строки.

Лицензия GNU Lesser General Public License v3.0.

Адрес загрузки <https://github.com/dvdagaev/Mob>

2. Структура.

МультиОберон состоит из исполняемых файлов приложений и списка программных подсистем. Каталоги бинарных исполняемых файлов соответствуют правилу Bin[os][arch].

arch\os	windows	unix (linux, ...)
X86	Binwe	Binue
X64	Binwr	Binur
ArmV71	--	Binu4
Aarch64	--	Binu8

Бинарные приложения состоят из компиляторов и оболочек (shells). Компиляторы МультиОберона включают в себя полную поддержку функций компиляции и следуют правилу om[backend]c. Оболочки МультиОберона поддерживают только динамическую загрузку и исполнение, файлы соответствуют правилу om[backend]sh.

	BlackBox	Ofront	LLVM
compiler	ombc	omfc	omlc
shell	ombsh	omfsh	omlsh

Программные подсистемы структурируются по по правилам подсистем BlackBox. Бэкенд следует правилу Om[backend]. Третья буква означает следующие варианты:

- Omc это компилятор и консоль МультиОберона;
- Omb является реализацией компилятора для бэкенда BlackBox. Основан на Ominc DevCompiler. Линкер OmbLinker основан на кроссплатформенном решении И.А.Дегтяренко (Trurl);
- Omf является реализацией компилятора для бэкенда Ofront. Основан на Josef Templ's Ofront;
- Oml является реализацией компилятора для бэкенда LLVM. Использует библиотеку, подготовленную из LLVM 5.0.

Каждая подсистема имеет каталог Mod для исходников, Доси для документов, каталоги с кодовыми и символьными файлами.

Каталоги кодовых файлов следуют правилу C[backend][os][arch].

arch\os	windows	Unix (Linux, ...)
X86 BlackBox portable	Sym	Sym
X86 Omb-specific	Cbwe	Cbue
X86 Ofront	Cfwe	Cfue
X64 Ofront	Cfwr	Cfur
X86 LLVM	Clwe	Clue
X64 LLVM	Clwr	Clur
ArmV71 Ofront	--	Cfu4
Aarch64 Ofront	--	Cfu8
ArmV71 LLVM	--	Clu4
Aarch64 LLVM	--	Clu8

Символьные файлы и файлы использования расположены в символьных каталогах.
Каталоги символьных файлов следуют правилу S[backend][os][arch].

arch\os	windows	Unix (Linux, ...)
X86 BlackBox portable	Sym	Sym
X86 Omb-specific	Sbwe	Sbue
X86 OFront	Sfwe	Sfue
X64 OFront	Sfwr	Sfur
X86 LLVM	Slwe	Slue
X64 LLVM	Slwr	Slur
ArmV71 OFront	--	Sfu4
Aarch64 OFront	--	Sfu8
ArmV71 LLVM	--	Slu4
Aarch64 LLVM	--	Slu8

3. Инсталляция.

Краткие инструкции описаны в Bin[os][arch]/INSTALL.txt.

Данный цвет используется для Windows далее и везде.

Данный цвет используется для Unix далее и везде.

3.1 Посредством .msi инсталлятора Windows

Установить MultiOberon_1_1_0_x86.msi для 32-bit или

установить MultiOberon_1_1_0_x64.msi для 64-bit.

Создать рабочий каталог:

```
>mkdir MyDir
```

```
>cd MyDir
```

Установить рабочий каталог ниже.

3.2 Из Github архива Mob-master.zip под Windows

Распаковать multioberon архив в рабочий каталог

```
>unzip Mob-master.zip
```

```
>cd Mob-master
```

Установить рабочий каталог ниже.

3.3 Установка рабочего каталога под Windows

Команда установка рабочего каталога

```
>omc[arch]_install ?/clang? ?BlackBox path?
```

Используйте /clang для работы с clang компилятором/линкером. По умолчанию используется gcc.

```
>omce_install /clang
```

Если BlackBox (<https://blackboxframework.org/>) требуется, установить с путем BlackBox:

```
>omce_install "c:\Program Files (x86)\BlackBox Component Builder 1.7.2"
```

Если BlackBox не требуется, установить без пути BlackBox:

```
>omce_install
```

Установить без BlackBox для 64-bit:

```
>omcr_install
```

3.4 Посредством .deb пакета Unix

Установить multioberon пакет соответствующим:

```
>sudo apt install ./multioberon_x86_1.1.0.deb (* X86 *)
```

```
>sudo apt install ./multioberon_x64_1.1.0.deb (* X64 *)
```

```
>sudo apt install ./multioberon_arm32_1.1.0.deb (* ArmV71 *)
```

```
>sudo apt install ./multioberon_arm64_1.1.0.deb (* Aarch64 *)
```

Установить рабочий каталог:

```
>mkdir MyDir
```

```
>cd MyDir
```

Для ArmV71

```
>/bin/sh /usr/local/bin/multioberon/omc4_install
```

Для Aarch64

```
>/bin/sh /usr/local/bin/multioberon/omc8_install
```

Если нужен BlackBox, инсталлировать с путем BlackBox:

```
>/bin/sh omce_install <path-to-blackbox>; (* ${HOME}/bb *)
```

Если не нужен BlackBox, инсталлировать без параметров:

```
>/bin/sh omce_install
```

```
>/bin/sh omcr_install
```

Прописать путь PATH= /usr/local/bin/multioberon/Binu[arch] при необходимости.

3.5 Из Github архива Mob-master.zip под Unix

Для Oml - glibc 2.15 or STT_GNU_IFUNC поддержка требуется, старые версии не работают!
Если нужен BlackBox, загрузить bbcb-1.7.2~b1.154.tar.gz и установить 1.7.2 из адреса <https://blackbox.oberon.org/download>

```
>mkdir bb; cd bb; tar xvzf bbcb-1.7.2~b1.154.tar.gz
```

Распаковать multioberon архив в рабочий каталог

```
>rm -fr Mob-master; (* if old *)  
>unzip Mob-master.zip;  
>cd Mob-master
```

Если нужен BlackBox, установить с путем BlackBox:

```
>/bin/sh omc_install <path-to-blackbox>; (* ${HOME}/bb *)
```

Если не нужен BlackBox, установить без параметров:

```
>/bin/sh omc_install
```

Файлы Bin*.zip могут быть удалены после успешной установки.

3.6 Важные замечания

Ожидается, что gcc или clang уже установлен и доступен из командной строки. Иначе, сборка из Ofront и линковка из LLVM не будут работать корректно. Начальная конфигурация устанавливается в Omf.cfg (Oml.cfg) в каталогах Bin[os][arch]. Для примера в Omf.cfg:

```
gcc_opt=-O2 -fshort-wchar  
gcc_lnkopt=-O2 -lm -ldl  
cc=gcc
```

Это означает вызов "gcc -O2 -fshort-wchar" для компиляции и "gcc -O2 -lm -ldl" для линковки. Конфигурация в Oml.cfg аналогична, но требуемое приложение llc уже включено в МультиОберон.

```
llc_opt=-O0  
gcc_lnkopt=-O0 -lm -ldl  
lnk=gcc
```

Для компиляции "llc -O0" вызывается и "gcc -O0 -lm -ldl" вызывается для линковки.

Установки по умолчанию для Windows: cc=clang lnk=clang. Это значит, что clang должен быть предустановлен.

Установки по умолчанию для Unix: cc=gcc lnk=gcc. Это значит, что gcc должен быть предустановлен.

Эти файлы могут конфигурироваться пользователем, но нужно быть внимательным, т.к. каждая установка переписывает их снова.

В среде BlackBox документы Strings используются вместо .cfg файлов:

- Omb/Rsrc/Strings.odc вместо Binwe/Omb.cfg;
- Omf/Rsrc/Strings.odc вместо Binwe/Omf.cfg;
- Oml/Rsrc/Strings.odc вместо Binwe/Oml.cfg

Опции в строковых документах разделяются табуляторами:

```
gcc_opt      -O2  
gcc_lnkopt   -O2  
lnk          clang  
clang_opt    -O2  
clang_lnkopt -O2 -luser32
```

При использовании BlackBox, LLVMT.dll b LLVMT.so должны быть доступны из BlackBox. Например, можно скопировать их в каталог BlackBox.

3 Hello, World из командной строки

Простейший путь запуска модуля OmtestHelloWorld – это выполнение ex[ecute] команды: Bin[os][arch]/om[backend]c ex OmtestHelloWorld. В частности, для BlackBox бэкенда должна быть следующая команда для Windows, Unix (только для X86):

```
>Binwe\ombc ex OmtestHelloWorld
>Binue/ombc ex OmtestHelloWorld
Hello, World
```

Для 32-битного бэкенда Ofront используется следующая команда:

```
>Binwe\omfc ex OmtestHelloWorld
>Binue/omfc ex OmtestHelloWorld (* X86 *)
>Binu4/omfc ex OmtestHelloWorld (* ArmV71 *)
Hello, World
```

Для 64-битного бэкенда LLVM используется следующая команда:

```
>Binwr\omlc ex OmtestHelloWorld
>Binur/omlc ex OmtestHelloWorld (* X64 *)
>Binu8/omlc ex OmtestHelloWorld (* Aarch64 *)
Hello, World
```

Далее предполагается, что установлены переменные путей к используемым каталогам Bin*.

Команда execute включает в себя команды compile, build и run. Во-первых, OmtestHelloWorld.mob компилируется в Omtest/Code/HelloWorld.ocf.

```
>ombc co OmtestHelloWorld (* X86 *)
omb:compiling ...HelloWorld.mob >.../Omtest/Code/HelloWorld.ocf code=52
glob=0
```

Расширение .mob означает текстовый файл МультиОберона. Формат файла BlackBox .odc использует опцию -odc. OmtestHelloWorld.odc компилируется в Omtest/Code/HelloWorld.ocf.

```
>ombc co -odc OmtestHelloWorld (* X86 *)
omb:compiling ...HelloWorld.mob >.../Omtest/Code/HelloWorld.ocf code=52
glob=0
```

Компиляция 32-ным Ofront выполняется аналогично, но .c и .h файлы создаются в Cfwe[Cfue] каталоге:

```
>Binwe\omfc co OmtestHelloWorld
>Binue/omfc co OmtestHelloWorld
omf:compiling ...HelloWorld.mob >.../Omtest/Cfwe/OmtestHelloWorld
.c=1898 .h=357
```

Компиляция 64-ным LLVM выполняется аналогично, но .ll и .bc файлы создаются в Clwr[Clur] каталоге:

```
>Binwr\omlc co OmtestHelloWorld
>Binur/omlc co OmtestHelloWorld
oml:compiling ...HelloWorld.mob >.../Omtest/Clwr/OmtestHelloWorld
.ll=8616 .bc=3172
```

Сборка не требуется для Omb, но Omf нужна внешняя программа для получения объектного файла.

```
>Binwe\omfc build OmtestHelloWorld
>Binue/omfc build OmtestHelloWorld
===== building OmtestHelloWorld ... done
```

Аналогично, Oml требует утилиту llc из llvm для создания объектного файла. Однако, llc для LLVM-5.0 включен в дистрибуцию МультиОберона.

```
>Binwe\omfc build OmtestHelloWorld
>Binue/omfc build OmtestHelloWorld
===== building OmtestHelloWorld ... done
```

Далее мы можем динамически загружать и выполнять модуль OmtestHelloWorld.

```
>Binwe\ombc run OmtestHelloWorld
>Binue/ombc run OmtestHelloWorld
Hello, World
```

32-битный Ofront использует нижеприведенные команды для загрузки и выполнения модуля OmtestHelloWorld.

```
>Binwe\omfc run OmtestHelloWorld
>Binue/omfc run OmtestHelloWorld
Hello, World
```

64-битный LLVM использует нижеприведенные команды для загрузки и выполнения модуля OmtestHelloWorld.

```
>Binwr\omlc run OmtestHelloWorld
>Binur/omlc run OmtestHelloWorld
Hello, World
```

Исполняемый файл может быть получен из ombc. Линкуйте OmtestHelloWorld.

```
>ombc link -r OmtestHelloWorld (* X86 *)
```

32-битным Ofront исполняемый файл может быть получен из omfc. Линкуйте OmtestHelloWorld.

```
>Binwe\omfc link -r OmtestHelloWorld
>Binue/omfc link -r OmtestHelloWorld
```

64-битным LLVM исполняемый файл может быть получен из omfc. Линкуйте OmtestHelloWorld.

```
>Binwe\omlc link -r OmtestHelloWorld
>Binue/omlc link -r OmtestHelloWorld
```

Наконец, мы можем запустить OmtestHelloWorld программу BlackBox.

```
>cd Omtest/Code (* X86 *)
>OmtestHelloWorld
Hello, World
```

Также можно запустить для 32-ного Ofront.

```
>Omtest\Cfwe\OmtestHelloWorld
>Omtest\Cfue/OmtestHelloWorld
Hello, World
```

Также можно запустить для 64-ного LLVM.

```
>Omtest\Clwr\OmtestHelloWorld
>Omtest\Clur/OmtestHelloWorld
Hello, World
```

Модули 64-ного Ofront, 32-ного LLVM, ArmV71, Aarch64 могут компилироваться аналогичным образом.

4 Omb – запуск из среды Black Box

5.1 Инсталляция

Предварительно.

Omb не использует никаких сервисов, кроме BlackBox.

Запуск: StartupBlackBox

Открыть Omb/Docu/Quick-Start.odc и примеры из Omtest/Docu/Quick-Start.odc

5.2 Компилирование Omb

Компилируйте модули из BlackBox:

1.3. Compile the following portable modules:

```
● DevCompiler.CompileThis OmcCfgfile OmcTarget OmcCRuntime OmcHooks OmcDialog OmcOPM  
OmcOPT OmcOPU OmcOPB OmcOPS OmcOPP OmcDump OmcTester OmcParams OmcCommandParams  
OmcOdcSource OmcTxtSource OmcRuntimeStd OmcDialogStd OmcDialogConsole OmcCompiler OmbOPE  
OmbOPH OmbOPL486 OmbOPC486 OmbOPV486 OmbInlink OmbLnkBase OmbLnkLoad OmbLnkWritePe  
OmbLnkWriteElf OmbLnkWriteElfStatic OmbLinkPortableProcessor OmbParams OmbBackEnd OmbCompiler  
OmbLinker
```

Все команды BlackBox далее оформляются в следующем виде:

```
^Q DevCompiler.CompileThis OmcCfgfile OmcTarget OmcCRuntime OmcHooks  
OmcDialog OmcOPM OmcOPT OmcOPU OmcOPB OmcOPS OmcOPP OmcDump OmcTester  
OmcParams OmcCommandParams OmcOdcSource OmcTxtSource OmcRuntimeStd  
OmcDialogStd OmcDialogConsole OmcCompiler OmbOPE OmbOPH OmbOPL486  
OmbOPC486 OmbOPV486 OmbInlink OmbLnkBase OmbLnkLoad OmbLnkWritePe  
OmbLnkWriteElf OmbLnkWriteElfStatic OmbLinkPortableProcessor OmbParams  
OmbBackEnd OmbCompiler OmbLinker
```

5.3 Компилирование примеров из Omtest

Компилируйте модули:

```
^Q OmbCompiler.CompileThis OmtestHelloWorld OmtestFormats OmtestDateTime  
OmtestMkTraps OmtestHeap
```

5.4 Запуск примеров из Omtest

5.4.1 Простейший пример Hello, World

```
^Q OmtestHelloWorld.MAIN
```

5.4.2 Форматирование строки, целых и действительных чисел

```
^Q OmtestFormats.MAIN
```

5.4.3 Дата, время и задержки

```
^Q OmtestDateTime.MAIN
```

5.4.4 Обработка трапов рантаймом

Простой Assert

```
^Q "OmtestMkTraps.RunOpt('a')"
```

Простой Halt

```
^Q "OmtestMkTraps.RunOpt('h')"
```

Деление на ноль

```
^Q "OmtestMkTraps.RunOpt('z')"
```

Разыменованное нулевого указателя

```
^Q "OmtestMkTraps.RunOpt('p')"
```

5.4.5 Динамическая память и сборка мусора

! программа виснет на Omb Unix т.к. Kernel для BlackBox для Unix неоптимально работает с памятью

```
^Q OmbtestHeap.MAIN
```

5.5 Создание исполняемых файлов

Линковка исполняемых файлов для запуска из консоли. Опция `-r` добавляет рекурсивно все модули импортирования. Иначе явное добавление `Kernel$+ Log Math Strings OStrings OLog HostConLog Runner` должно быть выполнено.

```
^Q OmbLinker.LinkExe -r -o "Ombtest/Code/OmbtestHelloWorld"
```

```
OmbtestHelloWorld
```

```
^Q OmbLinker.LinkExe -r -o "Ombtest/Code/OmbtestFormats" OmbtestFormats
```

```
^Q OmbLinker.LinkExe -r -o "Ombtest/Code/OmbtestDateTime.exe"
```

```
OmbtestDateTime
```

```
^Q OmbLinker.LinkExe -r -o "Ombtest/Code/OmbtestMkTraps.exe" OmbtestMkTraps
```

```
^Q OmbLinker.LinkExe -r -o "Ombtest/Code/OmbtestHeap.exe" OmbtestHeap
```

Скомпилированные файлы запускаются из консоли:

```
>cd Ombtest/Code
>OmbtestHelloWorld
Hello, World
```

5.6 [Продвинутое] Само-компиляция компилятора Omb

Компилятор Omb (OmbCoSh) представляет собой консольное приложение `exe` с полным набором функций компиляции. См самокомпиляцию портативного компилятора.

```
^Q OmbCompiler.CompileThis OmcCfgfile OmcTarget OmcCRuntime OmcHooks
OmcDialog OmcOPM OmcOPT OmcOPU OmcOPB OmcOPS OmcOPP OmcDump OmcTester
OmcParams OmcCommandParams OmcOdcSource OmcTxtSource OmcRuntimeStd
OmcDialogStd OmcDialogConsole OmcTimesDialog OmcCompiler OmcConsole
OmcDiscomp OmbOPE OmbOPH OmbOPL486 OmbOPC486 OmbOPV486 OmbInlink
OmbLnkBase OmbLnkLoad OmbLnkWritePe OmbLnkWriteElf OmbLnkWriteElfStatic
OmbLinkPortableProcessor OmbParams OmbBackEnd OmbCompiler
OmcLoaderRoutines OmcOcfLoader OmbLinker OmbCoSh
```

Для Windows линковка консольного компилятора

```
^Q OmbLinker.LinkExe -r -tl 2 -o "Binwe/ombc" $+Kernel Log Math Strings
OStrings OLog HostConLog Runner Files HostFiles OmcCfgfile Dates Times
HostTimes Dialog Stores Sequencers Models Services Fonts Meta Converters
Ports Views Controllers Properties Mechanisms Containers Printers
Printing OmcTimesDialog Documents TextModels TextRulers TextSetters
TextViews OmcTarget OmcCRuntime OmcDialog OmcHooks OmcOPM OmcOPT OmcOPB
OmcOPU OmcOPS OmcOPP OmcTester OmcParams OmcOdcSource OmcDialogConsole
OmcRuntimeStd OmcConsole OmcDiscomp OmcLoaderRoutines OmcOcfLoader OmbOPE
OmbOPH OmbOPL486 OmbOPC486 OmbOPV486 OmbBackEnd OmbInlink OmbLnkBase
OmbLnkLoad OmbLnkWritePe OmbLnkWriteElf OmbLnkWriteElfStatic
OmbLinkPortableProcessor OmbCoSh
```

Для Linux линковка консольного компилятора

```
^Q OmbLinker.LinkExe -o "Binue/ombc" $+Kernel Log Math Strings OStrings
OLog HostConLog Runner Testing Files HostFiles OmcCfgfile Dates Times
HostTimes Dialog Stores Sequencers Models Services Fonts Meta Converters
Ports Views Controllers Properties Mechanisms Containers Printers
Printing OmcTimesDialog Documents TextModels TextRulers TextSetters
TextViews OmcTarget OmcCRuntime OmcDialog OmcHooks OmcOPM OmcOPT OmcOPB
```

```
OmcOPU OmcOPS OmcOPP OmcTester OmcParams OmcOdcSource OmcDialogConsole  
OmcRuntimeStd OmcConsole OmcDiscomp OmbOPE OmbOPH OmbOPL486 OmbOPC486  
OmbOPV486 OmbBackEnd OmcLoaderRoutines OmcOcfLoader OmbInlink OmbLnkBase  
OmbLnkLoad OmbLnkWritePe OmbLnkWriteElf OmbLnkWriteElfStatic  
OmbLinkPortableProcessor OmbCoSh
```

Опция `-r` не используется здесь, т.к. множество модулей, например `TextModels`, не импортируются прямо, они должны быть явно указаны линкеру.

5.7 [Продвинутое] Компиляция минимальной оболочки `ombsh`

Минимальная `Omb` оболочка (`OmbShell`) – это консольное приложение с динамической загрузкой и поддержкой выполнения.

Для Windows компиляция `OmbShell`

```
^Q OmbCompiler.CompileThis OmcLoaderRoutines OmcOcfLoader  
OmcObjLoader_Coff OmcShell OmbShell
```

Для Windows линковка `OmbShell`

```
^Q OmbLinker.LinkExe -r -tl 2 -o "Binwe/ombsh" $+Kernel Log Math Strings  
OStrings OLog HostConLog Runner Files HostFiles OmcLoaderRoutines  
OmcOcfLoader OmcObjLoader OmcShell OmbShell
```

Для Linux компиляция `OmbShell`

```
^Q OmbCompiler.CompileThis OmcLoaderRoutines OmcOcfLoader  
OmcObjLoader_Elf OmcShell OmbShell
```

Для Linux линковка `OmbShell`

```
^Q OmbLinker.LinkExe -r -tl 2 -o "Binue/ombsh" $+Kernel Log Math Strings  
OStrings OLog HostConLog Runner Files HostFiles OmcLoaderRoutines  
OmcOcfLoader OmcObjLoader OmcShell OmbShell
```

5.8 Выгрузка компилятора `Omb`

```
^Q DevDebug.UnloadThis OmbLinker OmbCompiler OmbBackEnd OmbParams  
OmbLinkPortableProcessor OmbLnkWriteElfStatic OmbLnkWriteElf  
OmbLnkWritePe OmbLnkLoad OmbLnkBase OmbLinkWinProcessor OmbInlink  
OmcLoader OmcCompiler OmcCommandParams OmbOPV486 OmbOPC486 OmbOPL486  
OmbOPH OmbOPE OmcTimesDialog OmcDialogStd OmcRuntimeStd OmcOdcSource  
OmcParams OmcTester OmcDump OmcOPP OmcOPS OmcOPU OmcOPB OmcOPT OmcOPM  
OmcDialog OmcHooks OmcCRuntime OmcTarget OmcCfgfile Runner Testing
```

5 Omb из командной строки.

6.1 Инсталляция

Предварительно.

Omb не использует других сервисов. Выполняйте все команды ниже из корневого каталога Mob-master.

6.2 Компиляция примеров

Скрипт для компиляции и линковки всех примеров.

```
B\bwe_tomake.bat
B/bue_tomake.sh      (* x86 *)
```

Удаляет все приложения с примерами

```
B\bwe_toclean
B/bue_toclean.sh
```

Ниже приведен набор команд компиляции всех примеров

```
Binwe\ombc co -odc OmtestHelloWorld OmtestFormats OmtestDateTime
OmtestMkTraps OmtestHeap
Binwe\ombc link -r OmtestHelloWorld
Binwe\ombc link -r OmtestFormats
Binwe\ombc link -r OmtestDateTime
Binwe\ombc link -r OmtestMkTraps
Binwe\ombc link -r OmtestHeap
Binue/ombc co -odc OmtestHelloWorld OmtestFormats OmtestDateTime
OmtestMkTraps OmtestHeap
mkdir -p Omtest/Cbue
Binue/ombc link -r OmtestHelloWorld
Binue/ombc link -r OmtestFormats
Binue/ombc link -r OmtestDateTime
Binue/ombc link -r OmtestMkTraps
Binue/ombc link -r OmtestHeap
```

Первая команда списка компилирует все файлы примеров. Линковка создает требуемый набор приложений. Если мы опускаем -г опцию рекурсивной работы, команда линковщика должна быть аналогично следующей:

```
Binwe\ombsh li $+Kernel Log Math Strings OStrings OLog HostConLog
Runner OmtestHelloWorld
Binue/ombsh li $+Kernel Log Math Strings OStrings OLog HostConLog
Runner OmtestHelloWorld
```

6.3 Выполнение примеров

6.3.1 Простейший Hello, World

```
>Omtest\Cbwe\OmtestHelloWorld
>Omtest/Cbue/OmtestHelloWorld
Hello, World
```

6.3.2 Форматирование строки, целых и действительных чисел

```
>Omtest\Cbwe\OmtestFormats
>Omtest/Cbue/OmtestFormats
```

6.3.3 Дата, время и задержки

```
>Omtest\Cbwe\OmtestDateTime  
>Omtest/Cbue/OmtestDateTime
```

6.3.4 Обработка трапов рантаймом

Простой Assert

```
>Omtest\Cbwe\OmtestMkTraps -trap a  
>Omtest/Cbue/OmtestKmTraps -trap a
```

Простой Halt

```
>Omtest\Cbwe\OmtestMkTraps -trap h  
>Omtest/Cbue/OmtestKmTraps -trap h
```

Деление на ноль

```
>Omtest\Cbwe\OmtestMkTraps -trap z  
>Omtest/Cbue/OmtestKmTraps -trap z
```

Разыменование нулевого указателя

```
>Omtest\Cbwe\OmtestMkTraps -trap p  
>Omtest/Cbue/OmtestKmTraps -trap p
```

6.3.5 Динамическая память и сборка мусора

```
>Omtest\Cbwe\OmtestHeap  
>Omtest/Cbue/OmtestHeap
```

6.4 Само-компиляция

Скрипт для компилирования компилятора ombs представлен ниже:

```
B\bwe_compiler_tomake.bat  
B/bue_compiler_tomake.sh
```

Скрипт для компилирования минимальной оболочки ombsh представлен ниже:

```
B\bwe_sh_tomake.bat  
B/bue_sh_tomake.sh
```

6 Omf Ofront – запуск из среды Black Box

Omf бэкенда Ofront создает программный код (*.c) и заголовочные файлы (*.h), которые должны быть скомпилированы в объектные файлы (*.o). Т.к. объектные файлы не могут динамически загружаться в среду BlackBox, функциональность Omf Ofront ограничена созданием файлов. Ни динамическая загрузка, ни выполнение не работают в среде BlackBox.

7.1 Инсталляция

Предварительно.

Omf использует ранее установленный C/C++ компилятор gcc или clang.

Запуск: StartupBlackBox

Открыть Omf/Docu/Quick-Start.odc и примеры Omtest/Docu/Quick-Start.odc

7.2 Компиляция Omf

Компилируйте модули для Omf:

3. Compile the following modules:

```
DevCompiler.CompileThis OmcCfgfile OmcTarget OmcCRuntime OmcHooks OmcDialog OmcOPM  
OmcOPT OmcOPU OmcOPB OmcOPS OmcOPP OmcDump OmcTester OmcParams OmcCommandParams  
OmcOdcSource OmcTxtSource OmcOdcTextReader OmcExtSource OmcRuntimeStd OmcDialogStd  
OmcDialogConsole OmcCompiler OmcTimesDialog OmcConsole OmfOPG OmfOPC OmfOPV OmfParams  
OmfBackEnd OmfCompiler OmfLinker
```

Все команды BlackBox далее оформляются в следующем виде:

```
^Q DevCompiler.CompileThis OmcCfgfile OmcTarget OmcCRuntime OmcHooks  
OmcDialog OmcOPM OmcOPT OmcOPU OmcOPB OmcOPS OmcOPP OmcDump OmcParams  
OmcCommandParams OmcOdcSource OmcTxtSource OmcOdcTextReader OmcExtSource  
OmcRuntimeStd OmcDialogStd OmcDialogConsole OmcCompiler OmcTimesDialog  
OmcConsole OmfOPG OmfOPC OmfOPV OmfParams OmfBackEnd OmfCompiler  
OmfLinker
```

7.3 Компиляция примеров Omtest

Компилируйте модули ниже (':' означает создание main для модуля):

```
^Q OmfCompiler.CompileThis :OmtestHelloWorld :OmtestFormats  
:OmtestDateTime :OmtestMkTraps :OmtestHeap
```

Ожидаемый результат в ~/Omtest/Cfwe/ каталоге (Cfue для Unix): OmtestHelloWorld.c
OmtestFormats.c OmtestDateTime.c OmtestMkTraps.c OmtestHeap.c

Компилируйте модули ниже для 64 бит:

```
^Q OmfCompiler.CompileThis -64 :OmtestHelloWorld :OmtestFormats  
:OmtestDateTime :OmtestMkTraps :OmtestHeap
```

Ожидаемый результат в ~/Omtest/Cfwr/ каталоге (Cfur для Unix): OmtestHelloWorld.c
OmtestFormats.c OmtestDateTime.c OmtestMkTraps.c OmtestHeap.c

Построение объектных файлов требует использовать внешнюю консольную программу типа gcc. Лучше это запускать из консоли. В принципе можно делать это из BlackBox, но это неудобно и на время блокирует систему.

```
^Q OmfLinker.BuildFiles -r OmtestHelloWorld
```

Линковка аналогична:

```
^Q OmfLinker.LinkExe -r OmtestHelloWorld
```

7.4 [Продвинутое] Компиляция минимальной оболочки omfsh

Минимальная Omf оболочка (OmfShell) представляет собой консольное приложение с поддержкой динамической загрузки и выполнения модулей.

Для Windows компиляция OmfShell

```
^Q OmfCompiler.CompileThis OmcLoaderRoutines OmcObjLoader_Coff OmcShell :OmfShell
```

```
^Q OmfCompiler.CompileThis -64 OmcLoaderRoutines OmcObjLoader_Coff OmcShell :OmfShell
```

Для Linux-specific компиляция omfsh

```
^Q OmfCompiler.CompileThis OmcLoaderRoutines OmcObjLoader_Elf OmcShell :OmfShell
```

```
^Q OmfCompiler.CompileThis -64 OmcLoaderRoutines OmcObjLoader_Elf OmcShell :OmfShell
```

7.5 Выгрузка компилятора Omf

```
^Q DevDebug.UnloadThis OmfCompiler OmfLinker OmfBackEnd OmfParams OmfOPV OmfOPC OmfOPG OmcCoffLoader OmcLoaderRoutines OmcCompiler OmcDialogStd OmcRuntimeStd OmcLogStd OmcOdcSource OmcCommandParams OmcParams OmcTester OmcDump OmcOPP OmcOPS OmcOPU OmcOPB OmcOPT OmcOPM OmcDialog OmcHooks OmcCRuntime OmcTarget Runner
```

7 Omf Ofront из командной строки.

8.1 Инсталляция

Предварительно.

Omf использует ранее инсталлированный C/C++ компилятор gcc или clang. Omf.cfg должен содержать имена внешнего компилятора и опции со значениями (см 3. - Инсталляция). Omf может использоваться для получения omfc. Выполняйте все команды ниже из корневого каталога Mob-master.

8.2 Компиляция примеров

Скрипт для компиляции и линковки примеров.

```
B\fwe_tomake.bat          (* X86 *)
B/fue_tomake.sh           (* X86 *)
B\fwr_tomake.bat          (* X64 *)
B/fur_tomake.sh           (* X64 *)
B/fu4_tomake.sh           (* ArmV71 *)
B/fu8_tomake.sh           (* Aarch64 *)
```

Cleans Удаляет все приложения с примерами

```
fwe_toclean
fue_toclean.sh
```

Ниже приведен набор команд компиляции всех примеров

```
Binwe\omfc co -odc :OmtestHelloWorld :OmtestFormats :OmtestDateTime
:OmtestMkTraps :OmtestHeap
Binwe\omfc build -r OmtestDateTime
Binwe\omfc build OmtestHelloWorld
Binwe\omfc build OmtestFormats
Binwe\omfc build OmtestMkTraps
Binwe\omfc build OmtestHeap
Binwe\omfc link -r OmtestDateTime
Binwe\omfc link -r OmtestHelloWorld
Binwe\omfc link -r OmtestFormats
Binwe\omfc link -r OmtestMkTraps
Binwe\omfc link -r OmtestHeap
Binue/omfc co -odc :OmtestHelloWorld :OmtestFormats :OmtestDateTime
:OmtestMkTraps :OmtestHeap
Binue/omfc build -r OmtestDateTime
Binue/omfc build OmtestHelloWorld
Binue/omfc build OmtestFormats
Binue/omfc build OmtestMkTraps
Binue/omfc build OmtestHeap
Binue/omfc link -r OmtestDateTime
Binue/omfc link -r OmtestHelloWorld
Binue/omfc link -r OmtestFormats
Binue/omfc link -r OmtestMkTraps
Binue/omfc link -r OmtestHeap
```

Первая команда списка компилирует все файлы примеров. Линковка создает требуемый набор приложений. Мы используем ':' для модулей с main и -r опцию рекурсивной работы.

8.3 Выполнение примеров

8.3.1 Простейший пример Hello, World

```
>Omtest\Cfwe\OmtestHelloWorld
>Omtest/Cfur/OmtestHelloWorld
>Omtest/Cfu4/OmtestHelloWorld
>Omtest/Cfu8/OmtestHelloWorld
Hello, World
```

8.3.2 Форматирование строки, целых и действительных чисел

```
>Omtest\Cfwe\OmtestFormats
>Omtest/Cfue/OmtestFormats
```

8.3.3 Дата, время и задержки

```
>Omtest\Cfwe\OmtestDateTime
>Omtest/Cfue/OmtestDateTime
```

8.3.4 Обработка трапов рантаймом

Простой Assert

```
>Omtest\Cfwe\OmtestMkTraps -trap a
>Omtest/Cfue/OmtestKmTraps -trap a
```

Простой Halt

```
>Omtest\Cfwe\OmtestMkTraps -trap h
>Omtest/Cfue/OmtestKmTraps -trap h
```

Деление на ноль

```
>Omtest\Cfwe\OmtestMkTraps -trap z
>Omtest/Cfue/OmtestKmTraps -trap z
```

Разыменованние нулевого указателя

```
>Omtest\Cfwe\OmtestMkTraps -trap p
>Omtest/Cfue/OmtestKmTraps -trap p
```

8.3.5 Динамическая память и сборка мусора

```
>Omtest\Cfwe\OmtestHeap
>Omtest/Cfue/OmtestHeap
```

8.4 Само и кросс компиляция

Скрипт для само компиляции omfc следующий:

```
B\fwe_compiler_tomake.bat (* X86 *)
B\fwr_compiler_tomake.bat (* X64 *)
B/fue_compiler_tomake.sh (* X86 *)
B/fur_compiler_tomake.sh (* X64 *)
B/fu4_compiler_tomake.sh (* ArmV71 *)
B/fu8_compiler_tomake.sh (* Aarch64 *)
```

Скрипт для компиляции минимальной оболочки omfsh следующий:

```
B\fwe_sh_tomake.bat
B/fue_sh_tomake.sh
```

9. Oml LLVM – запуск из среды Black Box

Oml LLVM бэкенд создает текстовые (*.ll) и бинарные (*.bc) файлы байт-кода, которые затем компилируются в объектные файлы (*.o). Т.к. объектные файлы не могут быть загружены в среду BlackBox, функциональность Oml LLVM ограничена созданием файлов. Ни динамическая загрузка, ни выполнение не работают в среде BlackBox.

9.1 Инсталляция

Предварительно.

Oml использует LLVM 5.0 в библиотеке LLVMT.dll / LLVMT.so и llvm llc утилиту, включаемую в дистрибуцию МультиОберон.

Запуск: StartupBlackBox

Открыть Oml/Docu/Quick-Start.odc и примеры Omltest/Docu/Quick-Start.odc

9.2 Компиляция Oml

Список модулей Oml компилируется для среды BlackBox в два этапа: Служебные LLVM и Oml компилятор для BlackBox:

1.3 Compile LLVM Services

```
❶ DevCompiler.CompileThis LlvmC LlvmForAArch64 LlvmForAMDGPU LlvmForARM LlvmForBPF  
LlvmForHexagon LlvmForLanai LlvmForMips LlvmForMSP430 LlvmForNVPTX LlvmForPowerPC LlvmForSparc  
LlvmForSystemZ LlvmForX86 LlvmForXCore LlvmNative LlvmRefs  
❷ DevCompiler.CompileThis OmcCfgfile OmcTarget OmcCRuntime OmcHooks OmcDialog OmcOPM  
OmcOPT OmcOPU OmcOPB OmcOPS OmcOPP OmcDump OmcTester OmcParams OmcCommandParams  
OmcOdcSource OmcOdcTextReader OmcExtSource OmcRuntimeStd OmcDialogStd OmcDialogConsole  
OmcCompiler OmcConsole OmlOPG OmlOPL OmlOPF OmlOPC OmlOPV OmlParams OmlBackEnd  
OmlCompiler OmlLinker
```

Все команды BlackBox далее оформляются в следующем виде:

```
^Q DevCompiler.CompileThis LlvmC LlvmForAArch64 LlvmForAMDGPU LlvmForARM  
LlvmForBPF LlvmForHexagon LlvmForLanai LlvmForMips LlvmForMSP430  
LlvmForNVPTX LlvmForPowerPC LlvmForSparc LlvmForSystemZ LlvmForX86  
LlvmForXCore LlvmNative LlvmRefs  
^Q DevCompiler.CompileThis OmcCfgfile OmcTarget OmcCRuntime OmcHooks  
OmcDialog OmcOPM OmcOPT OmcOPU OmcOPB OmcOPS OmcOPP OmcDump OmcTester  
OmcParams OmcCommandParams OmcOdcSource OmcOdcTextReader OmcExtSource  
OmcRuntimeStd OmcDialogStd OmcDialogConsole OmcCompiler OmcConsole OmlOPG  
OmlOPL OmlOPF OmlOPC OmlOPV OmlParams OmlBackEnd OmlCompiler OmlLinker
```

9.3 Компилятор примеров

Компилируйте модули ниже (‘:’ означает создание main для модуля):

```
^Q OmlCompiler.CompileThis :OmltestHelloWorld :OmltestFormats  
:OmltestDateTime :OmltestMkTraps :OmltestHeap
```

Ожидаемый результат в ~/Omltest/Clwr/ каталоге (Clue для Unix): OmltestHelloWorld.ll
OmltestFormats.ll OmltestDateTime.ll OmltestMkTraps.ll OmltestHeap.ll

Компилируйте модули для 64 бит:

```
^Q OmlCompiler.CompileThis -64 :OmltestHelloWorld :OmltestFormats  
:OmltestDateTime :OmltestMkTraps :OmltestHeap
```

Ожидаемый результат в ~/Omltest/Clwr/ каталоге (Clur для Unix): OmltestHelloWorld.ll
OmltestFormats.ll OmltestDateTime.ll OmltestMkTraps.ll OmltestHeap.ll

Создание объектников требует вызова внешней консольной программы lsc. Лучше это запускать из консоли. В принципе можно делать это из BlackBox, но это неудобно и на время блокирует систему.

```
^Q OmlLinker.BuildFiles -r OmtestHelloWorld
```

Линковка аналогична:

```
^Q OmlLinker.LinkExe -r OmtestHelloWorld
```

9.4 [Продвинутое] Компиляция минимальной оболочки omlsh

Минимальная Oml оболочка (OmlShell) представляет собой консольное приложение с поддержкой динамической загрузки и выполнения модулей.

Для Windows компиляция omlsh

```
^Q OmlCompiler.CompileThis OmcLoaderRoutines OmcObjLoader_Coff OmcShell  
OmlBcLoader :OmlShell
```

```
^Q OmlCompiler.CompileThis -64 OmcLoaderRoutines OmcObjLoader_Coff  
OmcShell OmlBcLoader :OmlShell
```

Для Linux компиляция omlsh

```
^Q OmlCompiler.CompileThis OmcLoaderRoutines OmcObjLoader_Elf OmcShell  
OmlBcLoader :OmlShell
```

```
^Q OmlCompiler.CompileThis -64 OmcLoaderRoutines OmcObjLoader_Elf  
OmcShell OmlBcLoader :OmlShell
```

9.5 Выгрузка компилятора Oml

```
^Q DevDebug.UnloadThis OmlCompiler OmlLinker OmlBackEnd OmlParams OmlOPV  
OmlOPC OmlOPF OmlOPL OmlOPG OmcCompiler OmcDialogStd OmcRuntimeStd  
OmcOdcSource OmcCommandParams OmcParams OmcTester OmcDump OmcOPP OmcOPS  
OmcOPU OmcOPB OmcOPT OmcOPM OmcDialog OmcHooks OmcCRuntime OmcTarget  
OmcCfgfile Runner OLog HostTimes Times OStrings Testing
```

10. Oml LLVM - из командной строки.

10.1 Инсталляция

Предварительно.

Oml использует LLVM 5.0 в библиотеке LLVMT.dll / LLVMT.so и утилиту llvm llc включаемую в дистрибуцию МультиОберон. Oml.cfg должен содержать имена внешнего компилятора и опции со значениями (см 3. - Инсталляция). Выполняйте все команды ниже из корневого каталога Mob-master.

10.2 Компиляция примеров

Скрипт для компиляции и линковки примеров.

```
B\lwe_tomake.bat      (* X86 *)
B/lue_tomake.sh      (* X86 *)
B\lwr_tomake.bat     (* X64 *)
B/lur_tomake.sh      (* X64 *)
B/lu4_tomake.sh      (* ArmV71 *)
B/lu8_tomake.sh      (* Aarch64 *)
```

Удаляет все приложения с примерами

```
B\lwe_toclean
B/lue_toclean.sh
```

Ниже приведен набор команд компиляции всех примеров

```
Binwe\omlc co -odc :OmtestHelloWorld :OmtestFormats :OmtestDateTime
:OmtestMkTraps :OmtestHeap
Binwe\omlc build -r OmtestDateTime
Binwe\omlc build OmtestHelloWorld
Binwe\omlc build OmtestFormats
Binwe\omlc build OmtestMkTraps
Binwe\omlc build OmtestHeap
Binwe\omlc link -r OmtestDateTime
Binwe\omlc link -r OmtestHelloWorld
Binwe\omlc link -r OmtestFormats
Binwe\omlc link -r OmtestMkTraps
Binwe\omlc link -r OmtestHeap
Binue/omlc co -odc :OmtestHelloWorld :OmtestFormats :OmtestDateTime
:OmtestMkTraps :OmtestHeap
Binue/omlc build -r OmtestDateTime
Binue/omlc build OmtestHelloWorld
Binue/omlc build OmtestFormats
Binue/omlc build OmtestMkTraps
Binue/omlc build OmtestHeap
Binue/omlc link -r OmtestDateTime
Binue/omlc link -r OmtestHelloWorld
Binue/omlc link -r OmtestFormats
Binue/omlc link -r OmtestMkTraps
Binue/omlc link -r OmtestHeap
```

Первая команда списка компилирует все файлы примеров. Линковка создает требуемый набор приложений. Мы используем ':' для модулей с main и -r опцию рекурсивной работы.

10.3 Выполнение примеров

10.3.1 Простейший пример Hello, World

```
>Omtest\Clwe\OmtestHelloWorld      (* X86 *)
>Omtest/Clur/OmtestHelloWorld      (* X64 *)
>Omtest/Clu4/OmtestHelloWorld      (* ArmV71 *)
>Omtest/Clu8/OmtestHelloWorld      (* Aarch64 *)
Hello, World
```

10.3.2 Форматирование строки, целых и действительных чисел

```
>Omtest\Clwe\OmtestFormats
>Omtest/Clue/OmtestFormats
```

10.3.3 Дата, время и задержки

```
>Omtest\Clwe\OmtestDateTime
>Omtest/Clue/OmtestDateTime
```

10.3.4 Обработка трапов рантаймом

Простой Assert

```
>Omtest\Clwe\OmtestMkTraps -trap a
>Omtest/Clue/OmtestKmTraps -trap a
```

Простой Halt

```
>Omtest\Clwe\OmtestMkTraps -trap h
>Omtest/Clue/OmtestKmTraps -trap h
```

Деление на ноль

```
>Omtest\Clwe\OmtestMkTraps -trap z
>Omtest/Clue/OmtestKmTraps -trap z
```

Разыменованние нулевого указателя

```
>Omtest\Clwe\OmtestMkTraps -trap p
>Omtest/Clue/OmtestKmTraps -trap p
```

10.3.5 Динамическая память и сборка мусора

```
>Omtest\Clwe\OmtestHeap
>Omtest/Clue/OmtestHeap
```

10.4 Само-компиляция

Скрипт для само компиляции omlc следующий:

```
B\lwe_compiler_tomake.bat      (* X86 *)
B\lwr_compiler_tomake.bat      (* X64 *)
B/lue_compiler_tomake.sh       (* X86 *)
B/lur_compiler_tomake.sh       (* X64 *)
B/lu4_compiler_tomake.sh       (* ArmV71 *)
B/lu8_compiler_tomake.sh       (* Aarch64 *)
```

Скрипт для компиляции минимальной 64-битной оболочки omlsh следующий:

```
B\lwr_sh_tomake.bat
B/lur_sh_tomake.sh
```

11. Файлы использования и обход дерева импорта

МультиОберон добавляет файлы использования *.ouf, которые содержат списки импорта и информацию об ограничениях. Эти файлы расположены в Sym или S[backend][os][arch] каталогах. Бинарный файл использования имеет формат (item, value)* :

- item – целочисленный номер опции;
- value – строковая константа как значение опции.

Следующие опции используются в настоящий момент:

16	sNAME	Имя модуля
50	sIMPNAME	Имя импортируемого модуля
51	sIMALIAS	Псевдоним импортируемого модуля
52	sLIBCODE	Имя библиотеки в модуле с кодом
53	sLIBNOCODE	Имя библиотеки в модуле без кода

Файлы использования позволяют обходить (траверс) все дерево импортируемых модулей. Пример – команда tr[averse]:

```
>Binwe\ombc trav OmtestHelloWorld
>Binue/ombc trav OmtestHelloWorld
OmtestHelloWorld
  Runner
    SYSTEM
    ?c:\suok5\dsu\System/Slwe/SYSTEM.ouf
  Kernel
    Api
    -Api [libcmt]
    OLog
    OStrings
    -OStrings
    -OLog
    -Kernel
  -Runner
-OmtestHelloWorld
```

Модуль Runner импортируется из OmtestHelloWorld, модули SYSTEM и Kernel импортируются из Runner, модули Api и OLog импортируются из Kernel. Модуль SYSTEM никогда не компилировался, поэтому файл SYSTEM.ouf отсутствует. Модуль Api имеет библиотеку 'libcmt'.

Следует заметить, что импортная информация специфична для бэкенда, она может располагаться в файлах .ocf для BlackBox и .c для Ofront. Для избежания специфического, требующего времени, парсинга при получении списков импорта модулей было решено добавить явно файлы .ouf.

Алгоритмы обхода дерева импорта широко используются в рекурсивных сборках и линковках при включении опции -r.

12. Динамически загружаемые модули

МультиОберон реализует динамическую загрузку модулей для всех вышеупомянутых бэкендов. Это может быть сделано следующими путями:

```
>Binwe\ombc run OmtestHelloWorld
>Binwe\ombsh OmtestHelloWorld
>Binwe\omlsh OmtestHelloWorld -ext bc
>Binue/ombc run OmtestHelloWorld
>Binue/ombsh OmtestHelloWorld
>Binue/omlsh OmtestHelloWorld -ext bc
```

Первый и второй варианты реализуются для всех платформ всех бэкендов, последний – только для Oml LLVM. Динамически загружаемый модуль должен быть в подготовленной бинарной форме согласно таблице ниже.

	Windows	Unix	Unix on Arm
Omb	.ocf BlackBox	.ocf BlackBox	--
Omf	.o COFF-format	.o ELF-format	.o ELF-format
Oml	.o COFF-format	.o ELF-format	.o ELF-format
Oml -ext bc	.bc LLVM	.bc LLVM	.bc LLVM

Файлы .ocf и .bc files создаются при компиляции.

Объектные файлы .o создаются при сборке внешним билдером.

Использование .bc файлов LLVM активирует компилятор LLVM JIT, который гораздо тяжелее, чем обычная загрузка объектника. Таким образом, использование JIT представляется непрактичным и слишком ресурсо-емким.

Для реализации всех упомянутых свойств, базовый модуль загрузчика Baseloader реализован в System. Модули, расширяющие тип загрузчика OmcOcfLoader, OmcObjLoader_Coff, OmcObjLoader_Elf, и OmlBcLoader реализуют специфическую функциональность загрузки ocf, coff, elf и bc.

13. Модуль Runner

МультиОберон использует специальный модуль Runner с вариациями для различных сред. Процедура Runner.SetRun регистрирует функцию MAIN которая должна быть вызвана после загрузки оболочки.

```
MODULE OmtestMkTraps;
  IMPORT Runner, OLog, SYSTEM;
  PROCEDURE MAIN*;
    VAR str: Runner.SName;
  BEGIN
    IF ~Runner.StringOpt("-trap", str) THEN
      OLog.String("usage: "); OLog.SString(Runner.argv0);
      OLog.String(" -trap"); OLog.Ln;
      OLog.Tab; OLog.String("where -trap is as following:"); OLog.Ln;
      OLog.Tab; OLog.String("a - assert"); OLog.Ln;
      OLog.Tab; OLog.String("h - halt"); OLog.Ln;
      OLog.Tab; OLog.String("z - zero divide"); OLog.Ln;
      OLog.Tab; OLog.String("p - nil pointer dereference"); OLog.Ln;
    ELSE
      RunOpt(str);
    END;
  END MAIN;

BEGIN
  Runner.SetRun(MAIN)
END OmtestMkTraps.
```

Runner также содержит разбор опций командной строки процедурами Runner.StringOpt(), Runner.IntOpt().

Константы модуля Runner определяют величины, специфические для разных платформ:
Runner.RUN_TIME = "OMB" | "OMF" | "OML" для BlackBox, Ofront, LLVM сред.
Runner.OS_NAME = "Windows" | "Unix"
Runner.BIN_BITS = 64 | 32
Runner.KERNEL_VERSION = 16 | 17 | 18 для BlackBox Kernel
Runner.DESC_MACH = "X86" | "X64" | "ARM32" | "ARM64"

14. Возможности тестирования

Тестовые возможности покрывают как отдельные модули, так и компилятор в целом. Например, тестируется модуль `OmtestSimple` с процедурой `PROCEDURE Sum(x, y: INTEGER): INTEGER`. Нам потребуется модуль `[module_name]Test – OmtestSimpleTest`.

```
MODULE OmtestSimpleTest;
  IMPORT T := Testing, OmtestSimple;
  PROCEDURE Test0Basic* (VAR rec: T.Rec);
  BEGIN
    CASE rec.n_test OF
      | 0:
        rec.res_type := T.RES_INT;
        rec.msg := 'Sum x+x';
        rec.i_req := 6;
        rec.i_res := OmtestSimple.Sum(3, 0);
      | 1:
        rec.res_type := T.RES_INT;
        rec.msg := 'Sum x+y';
        rec.i_req := 5;
        rec.i_res := OmtestSimple.Sum(3, 2);
      | 2:
        rec.finish := TRUE;
    ELSE
      END;
  END Test0Basic;
END OmtestSimpleTest.
```

Модуль `OmtestSimpleTest` реализует набор процедур с шаблоном `Test*`, вызываемых тестовым окружением. Соглашение по именам `Test0*`, `Test1*` используется для вывода результатов тестирования в отсортированном по возрастанию порядке.

Каждый тест устанавливает поля структуры `Testing.Rec`. Тип возвращаемого значения `res_type` устанавливается первым, чтобы показать, какие поля используются. Сообщение пользователю `msg` выводится при тестировании. Для каждого типа результат сравнивается с требуемой величиной. В нашем случае `i_res` представляет собой целочисленный результат, `i_req` является целочисленной требуемой величиной.

Тестовое окружение обнуляет структуры перед каждым вызовом, только номер сета и номер теста (`n_test`) устанавливаются предварительно. В случае несоответствия сообщение об ошибке выводится тестовой системой.

Тесты компилятора могут загружаться и выполняться динамически. Так что модули должны быть предварительно подготовлены для динамической загрузки:

```
>Binwe\ombc co -odc OmtestSimple OmtestSimpleTest
>Binue\ombc co -odc OmtestSimple OmtestSimpleTest
```

После компиляции используйте команду `test` в консольном компиляторе:

```
>Binwe\ombc test OmtestSimple
>Binue\ombc test OmtestSimple
[ALL] ===== Total 2 tests, 0 bad, result= 100.0%
```

Опция уровня печати `-pl` дает больше информации:

```
>Binwe\ombc test -pl 3 OmtestSimple
>Binue\ombc test -pl 3 OmtestSimple
```

```
[OmtestSimpleTest.Test0Basic.000] INT i_res= 6 i_req= 6 :Sum x+x
[OmtestSimpleTest.Test0Basic.001] INT i_res= 5 i_req= 5 :Sum x+y
[OmtestSimpleTest.] ----- In module 1 sets, 2 tests, 0 bad
[ALL] ===== Total 2 tests, 0 bad, result= 100.0%
```

Специальные тесты для компилятора также прилагаются:

```
B\bwe_tests_tomake.bat      (* X86 *)
B\bwr_tests_tomake.bat      (* X64 *)
B/bue_tests_tomake.sh       (* X86 *)
B/bur_tests_tomake.sh       (* X64 *)
B/bu4_tests_tomake.sh       (* ArmV71 *)
B/bu8_tests_tomake.sh       (* Aarch64 *)
```

Компилируемые тесты ниже (OmtestOmc*) не относятся к специфическим модулям, а к компилятору в целом:

```
Binwe\ombc co -odc OmtestOmcSimpleTest OmtestOmcStringsTest
OmtestOmcSystemTest OmtestOmcImportsTest OmtestOmcExtensionsTest
OmtestOmcBoundTest OmtestOmcAdvancedTest
```

Специальные тесты компилятора также имеют скрипт сборки. Выполнение их приводит к печати, аналогичной следующей:

```
bwe_tests_run.bat
bue_tests_run.sh
c:\suok5\dsu>Binwe\ombc test -pl 2 OmtestOmcSimpleTest
OmtestOmcStringsTest OmtestOmcSystemTest OmtestOmcImportsTest
OmtestOmcExtensionsTest OmtestOmcBoundTest OmtestOmcAdvancedTest
[OmtestOmcSimpleTest.] ----- In module 9 sets, 104 tests, 0 bad
[OmtestOmcStringsTest.] ----- In module 5 sets, 64 tests, 0 bad
[OmtestOmcSystemTest.Test1Addr.028] ?LONG li_res= 12 li_req= 16 :Proper
position of ptr after long
[OmtestOmcSystemTest.Test1Addr.029] ?LONG li_res= 16 li_req= 24 :SIZE of
Rec with LONGINT aligned by 8
[OmtestOmcSystemTest.Test1Addr.030] ?LONG li_res= 12 li_req= 16 :Proper
position of ptr after Rec with long
[OmtestOmcSystemTest.Test1Addr.031] ?LONG li_res= 12 li_req= 16 :SIZE of
Rec with LONGINT and char
[OmtestOmcSystemTest.Test1Addr.032] ?LONG li_res= 16 li_req= 24 :SIZE of
Rec with Rec with LONGINT aligned by 8
[OmtestOmcSystemTest.] ----- In module 3 sets, 49 tests, 5 bad
[OmtestOmcImportsTest.] ----- In module 6 sets, 59 tests, 0 bad
[OmtestOmcExtensionsTest.] ----- In module 10 sets, 80 tests, 0 bad
[OmtestOmcBoundTest.] ----- In module 6 sets, 95 tests, 0 bad
[OmtestOmcAdvancedTest.] ----- In module 6 sets, 42 tests, 0 bad
[ALL] ===== Total 493 tests, 5 bad, result= 98.98580121703854%
```

Тесты для JIT-компилятора для Oml LLVM могут запускаться скриптами:

```
lwe_tests_jit_run.bat
lue_tests_jit_run.sh
```

Приводимые тесты компилятора также могут быть статически собраны в приложение OmtestOmcCompiler и запущены:

```
Omtest\Cfwe\OmtestOmcCompiler -pl 2
Omtest\Cfue\OmtestOmcCompiler -pl 2
```

Список непрошедших тестов демонстрирует качество специфического бэкенда. Это используется для дальнейшего совершенствования компилятора.

15. Возможности бенчмаркинга

Данные функции используются для измерений времени работы выбранных процедур. Требуется модуль [module_name]Test – например, OmtestBenchRoutinesTest для оценки OmtestBenchRoutines.

```
MODULE OmtestBenchRoutinesTest;
  IMPORT T := Testing, OmtestBenchRoutines;
  PROCEDURE BenchmarkPalindrome* (IN bench: T.Bench; VAR num_done: INTEGER);
    VAR count: INTEGER;
  BEGIN
    num_done := 0; count := 0;
    WHILE num_done < bench.num DO
      IF OmtestBenchRoutines.IsPalindrome(
        "A man, a plan, a canal: Panama") THEN
        INC(count)
      END;
      INC(num_done)
    END
  END BenchmarkPalindrome;
END OmtestBenchRoutinesTest.
```

Модуль OmtestBenchRoutinesTest реализует набор процедур Benchmark*, вызываемых тестовым окружением. Каждая такая процедура на вход получает Testing.Bench. Параметр bench.num устанавливает требуемое число итераций. Выходной параметр num_done устанавливает реальное число итераций для контроля во избежании оптимизации реального числа итераций выполнения.

Временные тесты могут загружаться и выполняться динамически. Модули должны быть предварительно подготовлены для динамической загрузки:

```
>Binwe\ombc co -odc OmtestBenchRoutines OmtestBenchRoutinesTest
>Binue/ombc co -odc OmtestBenchRoutines OmtestBenchRoutinesTest
```

После компиляции используется команда bench в консоли компилятора:

```
>Binwe\ombc bench OmtestBenchRoutines
>Binue/ombc bench OmtestBenchRoutines
[OmtestBenchRoutinesTest.BenchmarkPalindrome] 1000000
00:00:00.282000 282.0 ns/op
```

Тестовое окружение информирует, что весь 1000000 итераций был выполнен за 282 миллисекунды. Среднее время составило 282.0 наносекунд на операцию:

16. Разработка платформо-зависимых модулей

МультиОберон предназначен для мульти-платформенной разработки. Процедуры одних модулей не зависят от платформо-специфических характеристик, а для других зависимость существует. Эти характеристики включают в себя интерфейсы библиотечных функций операционных систем, различные структуры данных для 32 и 64-битных реализаций, специфических интерфейсов модуля Kernel.

Каждый исходник модуля может состоять из специфических версий, помеченных как [module]_[specific]. Имена модулей в МультиОбероне не могут содержать символы подчеркивания внутри, иначе возникает ошибка "string expected". Однако, имена файлов могут иметь подчеркивания и специфические расширения для модулей. Более того, наличие подчеркивания в имени файла означает платформо-зависимую реализацию модуля.

Например, есть две абсолютно разные реализации модуля OmcObjLoader:

- OmcObjLoader_Coff – для Windows формата COFF;
- OmcObjLoader_Elf – для Unix формата ELF.

Так что OmcObjLoader_Coff компилируется в OmcObjLoader.o под Windows в одном скрипте и OmcObjLoader_Elf компилируется в OmcObjLoader.o под Unix в другом скрипте.

Очевидно платформо-зависимые модули имеют отличающиеся интерфейсы. Компиляция платформо-независимого модуля:

```
> Binwe\ombc co -odc OmcDiscomp
omb:compiling c:\suok5\dsu\Omc\Mod\Discomp.odc
new symbol file >c:\suok5\dsu\Omc\Code\Discomp.ocf code=3652 glob=8716
Располагаются они для BlackBox в Omc/Sym и Omc/Code для кода.
```

Компиляция OmcObjLoader_Coff означает платформо-зависимость:

```
> Binwe\ombc co -odc OmcObjLoader_Coff
omb:compiling c:\suok5\dsu\Omc\Mod\ObjLoader_Coff.odc
new symbol file >c:\suok5\dsu\Omc\Cbwe\ObjLoader.ocf code=18480 glob=32
Платформо-зависимые для BlackBox будут в Omc/Sbwe и Omc/Cbwe для кода.
```

Но даже независимые модули Ofront и LLVM разделяются по каталогам:

```
> Binwe\omfc co -odc OmcDiscomp
omf:compiling c:\suok5\dsu\Omc\Mod\Discomp.odc
>c:\suok5\dsu\Omc\Cfwe\OmcDiscomp .c=26490 .h=3555
```

Платформо-независимые для Ofront будут в Omc/Sfwe и Omc/Cfwe для кода.

Большая часть платформо-зависимых модулей расположена в System и Host. Они компилируются на этапе инсталляции отдельно от пользовательского процесса разработки.

Соглашение по именам использует следующие буквы в МультиОбероне:

- b-BlackBox, f-Ofront, l-LLVM;
- w-Windows, u-Unix;
- e-X86, r-X64;
- 16-BlackBox 1.6, 17-BlackBox1.7.

Модуль Runner требует 19 платформо-зависимых реализаций кода.

	Omb	Omf32	Omf64	Oml32	Oml64
BlackBox17Win	Runner_bwe17	Runner_fwe17	Runner_fwr17	Runner_lwe17	Runner_lwr17
BlackBox16Win	Runner_bwe16	Runner_fwe16	Runner_fwr16	Runner_lwe16	Runner_lwr16
BlackBox17Unix	Runner_bue17	Runner_fue17	Runner_fur17	Runner_lue17	Runner_lur17
17 ArmV71	--	Runner_fu4	--	Runner_lu4	--
17 Aarc64	--	--	Runner_fu8	--	Runner_lu8

Это очень неудобно разрабатывать все 19 платформо-зависимых модуля в виде исходников, поэтому специальные средства были разработаны, о которых в следующей главе.

17. Препроцессор модулей дженериков

Дженерики как понятие не включены в компилятор МультиОберона. Равно как и не планируется их включение в будущем. Однако, минимальная утилита конвертации .odc включена в систему Omc.

Модуль OmcPrep представляет собой текстовый препроцессор для конвертации из дженериков в специфические модули.

По конвенции МультиОберона, дженерики расположены в каталоге Gmod, специфические модули расположены в каталоге Mod. System/Docu/Quick-Start.odc демонстрирует, как генерятся специфические модули. Например, команда генерации Runner_fwr17 из GMod/Runner выглядит следующим образом:

```
^Q OmcPrep.ToOdcFileList('OMF WIN V64 BB17', 'System/Mod')"  
@Omc/Mod/Defs.odc System/GMod/Runner.odc:Runner_fwr17
```

Сначала устанавливаются параметры окружения: OMF, WIN, V64, and BB17. Далее загружается файл определений Defs со специфическими установками, как-то @ADDR=LONGINT (это 64-бит, V64 установлено как параметр окружения). Далее GMod/Runner трансформируется в Runner_fwr17.

```
#IF @BB  
          SP = 4; DLT_STACK = 256;  
          RUN_TIME* = "OMB";  
#ELSIF @OMF  
          RUN_TIME* = "OMF";  
#ELSIF @OML  
          RUN_TIME* = "OML";  
#END  
          SysTrapProc = PROCEDURE (n: INTEGER; stpa: @ADDR);  
Результатом трансформации для модуля Runner_fwr17 будут:  
          RUN_TIME* = "OMF";  
          SysTrapProc = PROCEDURE (n: INTEGER; stpa: LONGINT);
```

Файл определений Defs содержит специальные настройки для всех необходимых платформ. Используются только макро-команды условной компиляции и механизм подстановки имен.

18. Ограничения

МультиОберон это масштабируемая технология на основе систем ограничений с начальной точкой в виде синтаксиса Компонентного Паскаля. Оператор RESTRICT используется для активации/деактивации основных языковых средств Оберона. Подсистема Restrict содержит набор специальных профилей. Модуль RestrictAdrint просто включает ADRINT как целое размерностью адреса:

```
RESTRICT +ADRINT*;
```

Символ '*' означает, что данное ограничение экспортируется в модуль, который непосредственно импортирует RestrictAdrint.

RestrictOberon07 profile uses more complex rules, like:

```
RESTRICT -CLOSE*, -EXIT*, -LOOP*, -OUT*, -WITH*,  
         -PROCEDURE (PROCEDURE)*,      (* Recursion *)  
         -BEGIN (PROCEDURE)*,         (* Nested Procedures *)  
         -RETURN (PROCEDURE)*;      (* Single Return in the End only *)
```

Тест OmtestOmcRestrictTest демонстрирует использование ADRINT. Переменная типа ADRINT может сохранять адрес в качестве целочисленной величины.

```
IMPORT Api, RestrictAdrint;  
  
PROCEDURE Xxx;  
  
    VAR ai: ADRINT;  
  
BEGIN  
  
    ai := SYSTEM.VAL(ADRINT, Api.TestGetAdr());  
  
END Xxx;
```

Тест OmtestOmcRestrictTest компилируется и выполняется:

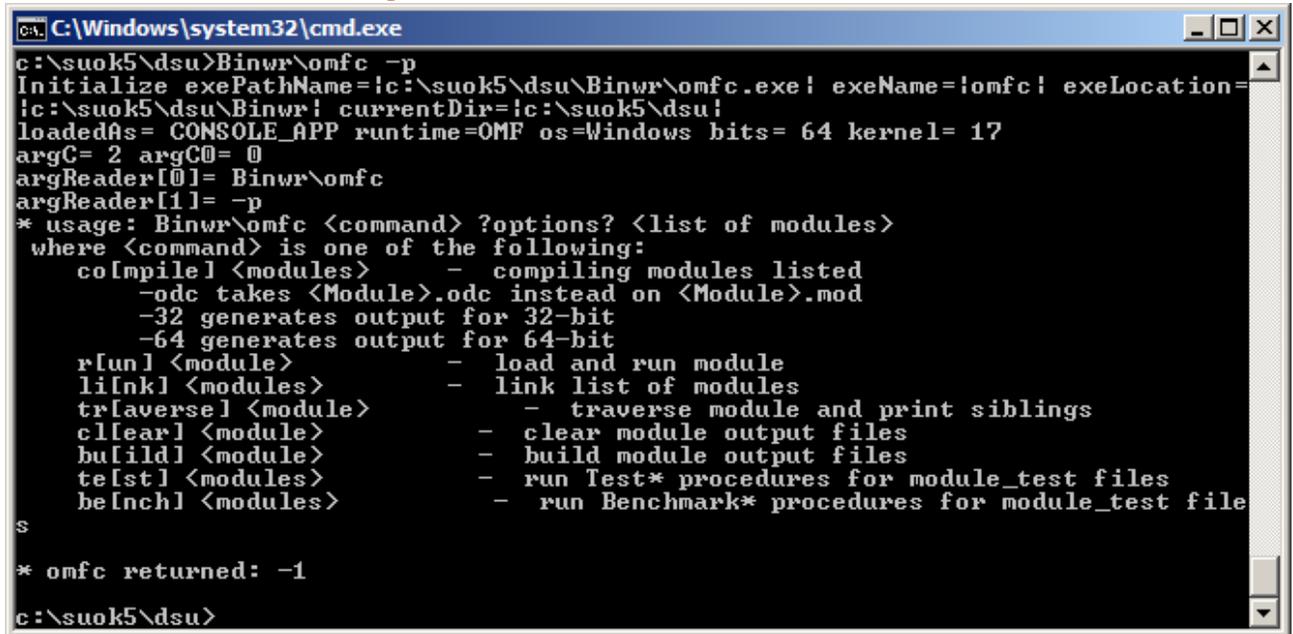
```
>Binwe\ombc co -odc OmtestOmcRestrictTest  
>Binue/ombc co -odc OmtestOmcRestrictTest  
>Binwe\ombc test -pl 2 OmtestOmcRestrictTest  
>Binue/ombc test -pl 2 OmtestOmcRestrictTest  
[ALL] ===== Total 14 tests, 0 bad, result= 100.0%
```

Дополнительная функциональность RESTRICT+ реализована пока только для ADRINT.

19. Команды и опции командной строки

Компилятор МультиОберона om[backend]sh без аргументов осуществляет печать подсказки использования. Опция -p печатает константы и глобальные переменные модуля Runner, помимо печати подсказки.

```
> Binwr\omfc co -p
```



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
c:\suok5\dsu>Binwr\omfc -p
Initialize exePathName=!c:\suok5\dsu\Binwr\omfc.exe! exeName=!omfc! exeLocation=
!c:\suok5\dsu\Binwr! currentDir=!c:\suok5\dsu!
loadedAs= CONSOLE_APP runtime=OMF os=Windows bits= 64 kernel= 17
argC= 2 argC0= 0
argReader[0]= Binwr\omfc
argReader[1]= -p
* usage: Binwr\omfc <command> ?options? <list of modules>
  where <command> is one of the following:
    compile| <modules>          - compiling modules listed
      -odc takes <Module>.odc instead on <Module>.mod
      -32 generates output for 32-bit
      -64 generates output for 64-bit
    r|un| <module>              - load and run module
    li|nk| <modules>           - link list of modules
    tr|averse| <module>        - traverse module and print siblings
    cl|ear| <module>           - clear module output files
    bu|ild| <module>           - build module output files
    te|st| <modules>          - run Test* procedures for module_test files
    be|nch| <modules>         - run Benchmark* procedures for module_test file
s
* omfc returned: -1
c:\suok5\dsu>
```

Используются следующие опции командной строки:

- odc – брать .odc вместо .mob;
- 32 – 32-бит режим;
- 64 – 64-бит режим;
- os – Windows|Linux используется для кросс компиляции;
- r – для всего рекурсивного импорта;
- h – не включать HostConLog;
- n – перекомпилировать только новые файлы;
- tl – уровень трассировки (0-4);
- pl – уровень печати (0-3);
- ht – тип обработчика ошибок: 1-dlink, 2-frame pointer, 3-stack analysis;
- wsd – писать в каталог System.

Эти опции могут быть расширены опциями динамически загружаемых модулей. Последние обрабатываются в загружаемых модулях, а не в компиляторе.

20. Журнал изменений

may 2019 original MultiOberon pre-version 0.8 released
nov 2019 MultiOberon pre-version 0.9 released
jun 2020 MultiOberon pre-version 0.95 released
feb 2021 MultiOberon version 1.1 released

Use it and enjoy! - Ўъsalos y disfrъtalos! - Bonne utilisation - Приятного использования -
Powodzenia - Viel SpaЯ

Дагаев Дмитрий Викторович
dvdagaev@oberon.org