## Προηγμένες αρχιτεκτονικές υπολογιστών και προγραμματισμός παραλλήλων συστημάτων

LAB-05B. MPI (Μέρος Β') – Εγκατάσταση & Παραμετροποίηση

## Εισαγωγή

- Εγκατάσταση (IDE, GCC Compiler, MPICH2).
- Compiling και linking.
- Συγγραφή προγραμμάτων.
- Εκτέλεση προγραμμάτων.
- Περισσότερες πληροφορίες.
  - William Gropp, Ewing Lusk, and A. Skjellum "Using MPI",
  - Zdzislaw Meglicki "The LAM companion to Using MPI..."
  - Ian Foster "Designing and Building Parallel Programs."
  - <u>MPICH: High performance portable MPI.</u>

# **Εισαγωγή (IDE & Compiler)**

- Οι παρουσιάσεις θα βασιστούν στην ελεύθερη υλοποίηση MPICH2.
- Με βάση το μέρος Α' οι φυσικές γλώσσες που υποστηρίζονται από το MPI είναι οι C, C++ και Fortran.
   Υπάρχει υποστήριξη και για άλλες γλώσσες (Java, Python).
- Για high performance computing  $\theta$ α επιλέξουμε C/C++.
- Θα χρειαστεί να εγκατασταθεί C/C++ compiler.
- Θα επιλέξουμε τον GNU GCC compiler.
- Οι παρουσιάσεις θα γίνουν σε περιβάλλον Windows.
- Πέραν των εγκαταστάσεων, όλα τα υπόλοιπα ισχύουν και για Linux.

## **Εισαγωγή (IDE & Compiler)**

- Απαιτείται και ένας editor για τη συγγραφή και την αποσφαλμάτωση των προγραμμάτων.
- Ακόμα καλύτερα: Integrated Development Environment (IDE).
- Θα επιλέξουμε το Code::Blocks που εγκαθιστά παράλληλα και τον GCC compiler για 32/64 bit συστήματα.
- Ό,τι αναφέρεται από εδώ και στο εξής αφορά σε
   64bit συστήματα (αρχιτεκτονική x64).
- Όλο το απαραίτητο software πρέπει να είναι
   x64. Διαφορετικά θα υπάρξουν ασυμβατότητες.

## Εισαγωγή (IDE & Compiler)

- Ο GCC compiler προέρχεται από τα λειτουργικά συστήματα Linux.
- Ωστόσο, υπάρχει και Windows Version.
- Παρέχεται από το MinGW.
- Δεν θα εγκατασταθεί ξεχωριστά, αλλά σαν μέρος του IDE (βλ. επόμενα).

### Εγκατάσταση Code::Blocks/GCC

Δεκέμβριος 2020: CodeBlocks 20.03.

**Quick links** 

FAQ
Wiki
Forums
Forums (mobile)
Nightlies
Ticket Syst
Browse SV log

built with \_wxWidget

W3C css

**GetFirefox** 

SOURCEFORGE

<u>http://www.codeblocks.org/downloads/26</u>

Windows XP / Vista / 7 / 8.x / 10:

 Από τα διαθέσιμα binary πακέτα θα επιλέξουμε εκείνο που εγκαθιστά και τον GCC compiler.

	File	Date	Download from
	codeblocks-20.03-setup.exe	29 Mar 2020	FossHUB or Sourceforge.net
em N	codeblocks-20.03-setup-nonadmin.exe	29 Mar 2020	FossHUB or Sourceforge.net
1	codeblocks-20.03-nosetup.zip	29 Mar 2020	FossHUB or Sourceforge.net
	codeblocks-20.03mingw-setup.exe	29 Mar 2020	FossHUB or Sourceforge.net
_	codeblocks-20.03mingw-nosetup.zip	29 Mar 2020	FossHUB or Sourceforge.net
s	codeblocks-20.03-32bit-setup.exe	02 Apr 2020	FossHUB or Sourceforge.net
	codeblocks-20.03-32bit-setup-nonadmin.exe	02 Apr 2020	FossHUB or Sourceforge.net
	codeblocks-20.03-32bit-nosetup.zip	02 Apr 2020	FossHUB or Sourceforge.net
	codeblocks-20.03mingw-32bit-setup.exe	02 Apr 2020	FossHUB or Sourceforge.net
	codeblocks-20.03mingw-32bit-nosetup.zip	02 Apr 2020	FossHUB or Sourceforge.net

NOTE: The codeblocks-20.03-setup.exe file includes Code::Blocks with all plugins. The codeblocks-20.03-setup-nonadmin.exe file is provided for convenience to users that do not have administrator rights on their machine(s).

## Εγκατάσταση Code::Blocks/GCC

- Εγκαθιστούμε τα πάντα.
- Θέση Code::Blocks:
  - C:\Program Files\CodeBlocks
- Θέση MinGW GCC compiler (binaries):
   C:\Program Files\CodeBlocks\MinGW\bin
- Compilation C προγραμμάτων: gcc.exe
- Compilation C++ προγραμμάτων: g++.exe

## Εγκατάσταση ΜΡΙCΗ2

- Από τις παλαιότερες εκδόσεις του πακέτου:
- <u>https://www.mpich.org/static/downloads/1.4/</u>
- Επιλέγουμε το εκτελέσιμο που εγκαθιστά αυτόματα το πακέτο (<u>mpich2-1.4-win-x86-64.msi</u>).
- Μπορεί να γίνει και εγκατάσταση με compilation του πηγαίου κώδικα (tar.gz). Index of /static/downloads/1.4
- Δεν μας αφορά τώρα.
- Εκτελούμε το msi αφήνοντας τις προτεινόμενες ρυθμίσεις.

Name	Last modified	<u>Size</u>	<b>Description</b>
Parent Directory		-	
hydra-1.4.tar.gz	24-Apr-2013 20:52	2.3M	
mpich2-1.4-README.txt	24-Apr-2013 20:52	40K	
🖶 mpich2-1.4-installguide.pdf	24-Apr-2013 20:52	108K	
mpich2-1.4-userguide.pdf	24-Apr-2013 20:52	119K	
mpich2-1.4-win-ia32.msi	24-Apr-2013 20:52	8.4M	
mpich2-1.4-win-x86-64.msi	24-Apr-2013 20:52	9.4M	
mpich2-1.4-windevguide.pdf	f 24-Apr-2013 20:52	140K	
n <u>mpich2-1.4.tar.gz</u>	24-Apr-2013 20:52	19M	

#### System Configuration

#### Για ευκολία, ορίζουμε στο PATH του συστήματος την τοποθεσία των εκτελέσιμων του MPICH2.

Ιδιότητες συστήματος	×	Μεταβλητές περιβάλλοντος	x	Επεξεργασία μεταβλ	ητής χρήστη	×
Προστασία συστήματος Απομακρυσμένη σύνδεση Όνομα υπολογιστή Υλικό Για προχωρημένους Πρέπει να έχετε συνδεθεί ως Administrator για την πραγματοποίηση των περισσότερων από αυτές τις αλλαγές. Επιδόσεις Οπτικά εφέ, χρονοδιάγραμμα επεξεργαστή, χρήση μνήμης και εικονική μνήμη		Μεταβλητές χρήστη leo <u>Μεταβλητή Τιμή</u> ΡΑΤΗ C:\Usen ΤΕΜΡ %USER ΤΜΡ %USER	s\eo\AppData\Local\Pandoc\;C: PROFILE%\AppData\Local\Temp PROFILE%\AppData\Local\Temp	Ό <u>ν</u> ομα μεταβλητής: Τιμή μ <u>ε</u> ταβλητής:	PATH /PN\bin;C:\PROGRAM FILES OK	S\MPICH2\bin Акиро
Ρυθμίσεις		ι <u>Δ</u> ημιουργία.	<u>Ε</u> πεξεργασία Διαγρα <u>φ</u> ή			
Προφίλ χρηστών Ρυθμίσεις επιφάνειας εργασίας σχετικές με τη σύνδεσή σας Ρυθμίσεις		<u>Μεταβλητές συστήματος</u> <u>Μεταβλητή</u> Τιμή ComSpec C:\Wind FP_NO_HOST_C NO	dows\system32\cmd.exe			
Εκκίνηση και αποκατάσταση Εκκίνηση συστήματος, αποτυχία συστήματος και πληροφορίες αντιμετώπισης σφαλμάτων Ρυθμίσεις		NUMBER_OF_P 8 OS Window Path C:\Prog Δημιουργία.	rs_NT ramData\Orade\Java\javapath; ▼ Ε <u>π</u> εξεργασία Διαγ <u>ρ</u> αφή			
Μεταβλητές περιβάλλοντος ΟΚ Άκυρο Εφαρμο	) Þγή					

## **MPICH2** Configuration

- Η παράλληλη εκτέλεση προγραμμάτων MPI απαιτεί τη χρήση ενός Process Manager (PM).
- Πρόκειται για ειδικό πρόγραμμα «πράκτορα» που δημιουργεί τις παράλληλες διεργασίες και τις διαχειρίζεται αποφασίζοντας ποιος επεξεργαστής θα τις εκτελέσει και πότε.
- Ο βασικός PM είναι ο simple.
- Ωστόσο μπορούμε να ορίσουμε και άλλον PM όπως το smpd.

## **MPICH2** Configuration

 Ανοίγουμε το Windows Command prompt με δικαιώματα διαχειριστή:

smpd -install
mpiexec -remove
mpiexec -register
mpiexec -validate
smpd -status

🔤 Διαχειριστής: C:\Windows\System32\cmd.exe

Microsoft Windows [Ἐκδοση 6.1.7601] Πνευματικά δικαιώματα (c) 2009 Microsoft Corporation. Με επ

```
C:\Windows\system32>smpd -install
```

Stopping MPICH2 Process Manager, Argonne National Lab. MPICH2 Process Manager, Argonne National Lab stopped. MPICH2 Process Manager, Argonne National Lab removed. MPICH2 Process Manager, Argonne National Lab installed.

```
C:\Windows\system32>mpiexec -remove
Account and password removed from the Registry.
```

```
C:\Windows\system32>mpiexec -register
account (domain\user) [CoreI7\leo]:
password:
confirm password:
Password encrypted into the Registry.
```

C:\Windows\system32>mpiexec -validate SUCCESS

C:\Windows\system32>smpd -status smpd running on CoreI7

```
C:\Windows\system32>_
```

#### MPI Hello World

- Δημιουργούμε ένα νέο project στο Code::Blocks (empty project).
- Ορίζουμε όνομα και τοποθεσία.
- Αφήνουμε ως έχουν τα Debug και Release symbols.
- Επιλέγουμε τον GNU GCC Compiler.

Empty project	×	Empty project	×
Console	Please select the folder where you want the new project to be created as well as its title. Project title: MPIProj Folder to create project in: C:\Users\\eo\Documents\cpp_algorithms\\ Project filename: MPIProj.cbp Resulting filename: C:\Users\\eo\Documents\cpp_algorithms\\MPIProj\MPIProj	Console	Please select the compiler to use and which configurations you want enabled in your project. Compiler: ENU GCC Compiler Create "Debug" configuration: Debug Debug" options Output dir.: bin\Debug\ Objects output dir.: obj\Debug\ Create "Release" configuration: Release Release" options Output dir.: bin\Release\ Objects output dir.: obj\Release\ Objects output dir.: obj\Release\
	< <u>B</u> ack <u>N</u> ext > <u>C</u> ancel		< <u>B</u> ack <u>F</u> inish <u>C</u> ancel

#### Project Setup

- Mevoù File  $\rightarrow$  New  $\rightarrow$  Empty File.
- Δίνουμε όνομα στο αρχείο (π.χ. main.cpp).
- Επικολλούμε τον κώδικα:

```
#include "mpi.h"
#include <stdio.h>
int main (int argc, char **argv) {
    int rank, size;
    MPI_Init (&argc, &argv);
    MPI_Comm_rank (MPI_COMM_WORLD, &rank);
    MPI_Comm_size (MPI_COMM_WORLD, &size);
    printf ("Hello world! I'm %d of %d\n", rank, size);
    MPI_Finalize ();
    return 0;
}
```

#### Project Setup - Compiler

- Μενού Settings → Compiler...
- Επιλέγουμε GNU GCC Compiler.
- Από την καρτέλα Toolchain executables ελέγχουμε τη θέση του compiler.

ompiler settings		
	G	lobal compiler settings
M	Selected compiler	
	GNU GCC Compiler	Set as default Copy Rename Delete Reset defaults
Global compiler settings	Compiler settings Linker se	ttings Search directories Toolchain executables Custom variables Build options Oth
	Compiler's installation dire C:\Program Files\CodeB NOTE: All programs must Program Files Additional	ctory llocks \MinGW \bin Auto-detect exist either in the "bin" sub-directory of this path, or in any of the "Additional paths" Paths
Profiler settings	C compiler:	gcc.exe
0.0	C++ compiler:	g++.exe
	Linker for dynamic libs:	g++.exe
	Linker for static libs:	ar.exe
Batch builds	Debugger:	GDB/CDB debugger : Default
	Resource compiler:	windres.exe
	Make program:	mingw32-make.exe
۲		
		OK Cancel

#### Project Setup - Include Path

- Μενού Project → Build Options...
- Από αριστερά: Debug profile.
- Καρτέλα Search directories.
- Προσθέτουμε το MPICH2 include path:
   C:\Program Files\MPICH2\include
- Κάνουμε το ίδιο και για το Release Profile.

## Project Setup - Include Path (2)

Project build options	
MPIProj Debug Release	Selected compiler GNU GCC Compiler
	Compiler settings       Linker settings       Search directories       Pre/post build steps       Custom variables       "Make" commands         Compiler       Linker       Resource compiler
	Add Edit Delete Clear Copy to OK Cancel

#### Project Setup - Linker Settings

- Μενού Project → Build Options…
- Από αριστερά: Debug profile.
- Καρτέλα Linker settings.
- Προσθέτουμε την MPICH2 library:
   C:\Program Files\MPICH2\lib\mpi.lib
- Κάνουμε το ίδιο και για το Release Profile.
- Κλείνουμε και κάνουμε build το project.
  - Είτε το Debug, είτε το Release profile, είτε και τα δύο.

### Project Setup - Linker Settings (2)

ject build option	15	_ [
PIProj	Selected compiler	
Debug	GNU GCC Compiler	
Release		
	Compiler settings Linker setungs Search directories Pre/post build steps Custom variables	Make commands
	Policy: Append target options to project options	
	Link libraries: Other linker options:	
	C: \Program Files \MPICH2 \lib \mpi.lib	<u></u>
	Add Edit Dolete Clear	
		▼  ►
	Linker executable: Auto detect	
	<u>QK</u> <u>C</u> ancel	

## Εκτέλεση προγράμματος ΜΡΙ

- Μπορούμε να εκτελέσουμε το πρόγραμμα απευθείας από το Code::Blocks.
- Mενού Build → Build and Run
   'Η απλά F9.
- Με τον τρόπο αυτό το πρόγραμμα θα εκτελείται πάντα χρησιμοποιώντας μόνο μία process.
- Αν και χρήσιμο για debugging, δεν είναι αυτό που θέλουμε.

   C:Users\leo\Documents\cpp\_algorithms\MPIProj\bin\Release\MPIProj.exe

Process returned 0 (0x0) execution time : 0.020 s Press any key to continue.

#### Εκτέλεση προγράμματος MPI (mpiexec)

- Ανοίγουμε το command prompt με δικαιώματα διαχειριστή.
- Εκτελούμε την εντολή
  - mpiexec -n <πλήθος διεργασιών> <εκτελέσιμο>

#### 🔤 Διαχειριστής: C:\Windows\System32\cmd.exe

```
Microsoft Windows [Έκδοση 6.1.7601]
Πνευματικά δικαιώματα (c) 2009 Microsoft Corporation. Με επιφύλαξη κάθε νόμιμου δικαιώματος.
C:\Windows\system32>mpiexec -n 2 C:\Users\leo\Documents\cpp_algorithms\MPIProj\bin\Release\MPIProj.exe
Hello world! I'm 0 of 2
Hello world! I'm 1 of 2
C:\Windows\system32>mpiexec -n 8 C:\Users\leo\Documents\cpp_algorithms\MPIProj\bin\Release\MPIProj.exe
Hello world! I'm 7 of 8
Hello world! I'm 7 of 8
Hello world! I'm 3 of 8
Hello world! I'm 3 of 8
Hello world! I'm 5 of 8
Hello world! I'm 6 of 8
```

## Παράμετροι mpiexec

- Η παράμετρος hosts μας λέει σε ποιους υπολογιστές να τρέξουμε τις διεργασίες. Πχ.
  - mpiexec -hosts 3 <μηχανή1> 3 <μηχανή2> 4 <μηχανή3> 1 <εκτελέσιμο>
- Εκτελεί το πρόγραμμα σε τρεις μηχανές: στη «μηχανή1» θα τρέξουν 3 διεργασίες, στη «μηχανή2» θα τρέξουν 4 διεργασίες και στη «μηχανή3» 1 διεργασία.
- Το MPI μπορεί να τρέξει σε ένα μόνο μηχάνημα όλες τις διεργασίες. Καταργεί ουσιαστικά τον παραλληλισμό – αλλά πολύ χρήσιμο για debugging όταν δεν υπάρχει διαθέσιμο cluster.
  - mpiexec -localonly <πλήθος διεργασιών> <εκτελέσιμο>