

Support de MPI/OpenMP et de la vectorisation dans Verificarlo

Master Calcul Haute Performance et Simulation

Hery ANDRIANANTENAINA

Ali LAKBAL

Nicolas BOUTON

Encadrant: Eric PETIT

Année 2020-2021

Compilateur de base pour verifcarlo

- CLANG
- LLVM

Domaine d'utilisation de verifcarlo

Verifcarlo permet par instrumentation des opérations flottantes, de pouvoir déboguer les erreurs, dû à la précision machine.

Vectorisation dans le calcul scientifique

Jeux d'instruction

- 128 = sse
- 256 = avx
- 512 = avx512

Compilation

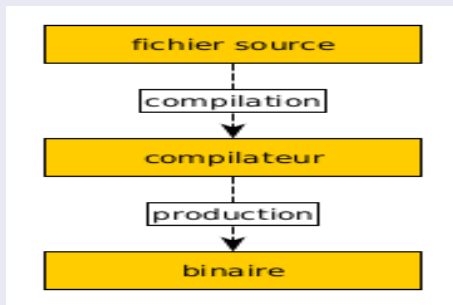


Figure – Fonctionnement de base d'un compilateur

Compilation pour verifcarlo

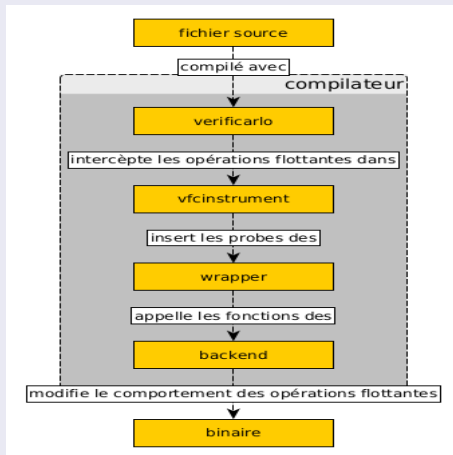


Figure – Fonctionnement de verifcarlo

Définition de certains termes techniques

- probes : Les probes sont des fonctions implémenté dans vfcwrapper qui est linker avec le programme par la partie compilation de verifcarlo.
- backend : Dans le cadre de verifcarlo, c'est la/les librairie(s) dynamique(s) qui seront appelées par le wrapper dans les probes. Dans le cadre d'un compilateur c'est la dernière phase qui descend de la représentation intermédiaire vers le binaires
- wrapper : Ce sont des fonctions qui enveloppent l'appel à d'autres fonctions.
- link : Il s'agit de la phase de compilation qui consiste à aller chercher toute les librairies externes appelé par l'application pour les liées au programme utilisateur afin de résoudre les références non défini.
- sérialisation : Dans le contexte de l'utilisation de vecteur il s'agit d'exécuter en séquence les éléments du vecteur.

Notion indispensable pour le parallélisme

- Système à mémoire partagée
 - SMP
 - NUMA
- Système à mémoire distribuée
- Thread ou flot d'exécution
- Processus
- Calcul parallèle

Présentation d'open MPI

- Installation : source :
<https://www.open-mpi.org/software/ompi/v4.1/>
- Configuration : `./configure --prefix='/chemin/bin'`
- Compilation : **make**
- Installation : **sudo make install**

Présentation d'open MPI

Description de communication dans Open MPI

- l'environnement d'exécution
- les communication point à point
- les communication collectives
- les groupes de processus
- les topologies de processus

Compilation d'un programme parallèle avec verifcarlo

`CC=OMPI_CC=verifcarlo mpicc`

Bibliography

- <https://www.open-mpi.org>
- <https://fr.wikibooks.org>

Introduction

- **Compilateurs** : *Clang et gcc*
- **probleme** : *le support de gcc était éphémère dû à une dépendance avec fortran qui vas être enlevé dans le futur*
- **solutions** : *supporter les types vectoriels de **clang***
- **test** : *configurer **verificarlo** avec **clang** pour le C et C++ avec la commande suivante :*

`./configure --without-flang CC=clang CXX=clang++`

Tests

- *Suivre le fonctionnement de test que Verificarlo a commencé à implémenter.*
- *Les tests sont principalement écrits en bash, avec un code de test écrits en c et un code python*

Tests

- *Donc en général nous avons effectué des tests sur les opérations arithmétique vectorielles avec les jeux d'instruction sse ,avx et avx512, et s'assurer du bon fonctionnement*
- *Nous avons effectué trois sous tests pour s'assurer du bon fonctionnement.*

sous test 1 / : le bon resultat des opérations vectorielles

- *Dans ce cas nous avons testé sur les différents backends, les différentes opérations, avec les vecteurs de taille différente sur les précisions qu'on a choisit (float et double); et on a deduit que les résultats retournés sont vrai*

exemple

```
float + 4  
2.100000  
2.100000  
2.100000  
2.100000
```

sous test 2 / : l'appel des probes vectorielles

- *Nous avons généré le fichier intermédiaire pendant la compilation avec la commande : **-save-temps***
- *une fois le fichier généré , on remarque que on a effectivement fait appel à notre probe vectorielle*

exemple

```
%59 = call <4 x float> @_4xfloatadd(<4 x float> %55, <4 x float> %56)
...
%65 = call <4 x float> @_4xfloatmul(<4 x float> %61, <4 x float> %62)
...
%71 = call <4 x float> @_4xfloatsub(<4 x float> %67, <4 x float> %68)
...
%77 = call <4 x float> @_4xfloatdiv(<4 x float> %73, <4 x float> %74)
```

sous test3 / :Utilisation des jeux d'instructions vectorielles

- Dans verifierle, les instructions vectorielles pour les opérations arithmétiques sont présentées par la concaténation de :
operation,vectoriel,précision
- elle s'utilise sur les registres **xmm,ymm,zmm** associés respectivement au jeux d'instructions **sse,avx,avx512**

exemple

```
float4
2c24:c5 f8 58 c1      vaddps %xmm1,%xmm0,%xmm0
2c43:c4 c1 78 58 07    vaddps (%r15),%xmm0,%xmm0
Instruction addps and register xmm INSTRUMENTED
3024:c5 f8 59 c1      vmulps %xmm1,%xmm0,%xmm0
3043:c4 c1 78 59 07    vmulps (%r15),%xmm0,%xmm0
Instruction mulps and register xmm INSTRUMENTED
2e24:c5 f8 5c c1      vsubps %xmm1,%xmm0,%xmm0
2e43:c4 c1 78 5c 07    vsubps (%r15),%xmm0,%xmm0
Instruction subps and register xmm INSTRUMENTED
3224:c5 f8 5e c1      vdivps %xmm1,%xmm0,%xmm0
3243:c4 c1 78 5e 07    vdivps (%r15),%xmm0,%xmm0
Instruction divps and register xmm INSTRUMENTED
```

support des vecteurs 512/256 bits

- les vecteurs 256 et 512 bits sont déjà inclus et supportés

Ajout des probes vectorielles

- *les probes vectorielles sont implémentées avec la version scalaire.*
- *ajout des fonctions vectorielles pour toutes les operations et mettre la taille des vecteur en paramètre dans les backends*
- *Appel des fonction vectorielles des backends dans :
`src/vfcwrapper/main.c`*

Ajout des fonctions vectorielles des backends dans l'interface

- *ajouter dans l'interface qui se trouve dans le fichier `src/common/interflop.h`*
- *Comme nous passons la taille en argument, il faudra tester la taille pour permettre à clang d'effectuer une opération vectorielle en changeant le type de notre tableau dans le bon type vectorielles de clang.*
- *changer le type vectorielles en son pointeur sur sa précision.*
- *Déplacer la définitions des types vectorielles dans le fichier `src/common/inteflop.h` .*

Récapitulatif

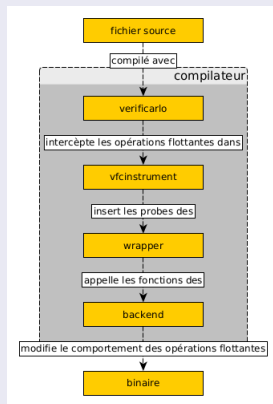


Figure – Fonctionnement de verificarlo

Changements aux niveaux des backends

Backend existant

- backend ieee
- backend vprec
- backend mca
- backend bitmask
- backend cancellation
- backend mca-mpfr

Fonctions vectorielles en mode scalaire

- mode par défaut
- tous les backends

Fonctions vectorielles en mode vectoriel

- backend ieee
- backend vprec

Fonctionnement du backend

- norme IEEE754
- fonction de débogue

Opérandes constantes

- avertissement de clang sur les types des paramètres de fonction
- ajout d'un pragma pour retirer l'avertissement

Fonctionnement du backend

- nombres fini et infini
- nombres normaux et dénormaux



Figure – Représentation d'un nombre flottant simple précision

Ajout à la compilation de Verificarlo

Compilation des **wrappers** et des **backends** avec le drapeau :

-march=native

Avantage

Détection automatique des jeux d'instructions disponibles

Problèmes rencontrés

Jeu d'instruction disponible

SSE

Types vectorielles

Vecteur de 4 double précision = 256 bits

Clang

Utilise 4 addition vectoriel SSE

Verificarlo

- Backend : vectorisé comme pour clang
- Problème : vecteur passé par registre entre les modules

Conclusion

Fait

- test opérations vectorielles simple
- probes vectorielles
- fonctions vectorielles (mode scalaire ou vectoriel)
- activation des jeux d'instruction

Reste à faire

- test des conditions vectorielles
- test des opérations vectorielles spécifique aux backends
- vectorisé les backends manquants
- test des performances

Cours en relation

Architecture Parallèle