

**دانشگاه صنعتی امیرکبیر**  
**( پلی تکنیک تهران )**

دانشکده مهندسی کامپیوتر

عنوان:

**تمرین شبیه سازی سری ۴**

نگارش

رضا آدینه پور - ۴۰۲۱۳۱۰۵۵

استاد راهنما

جناب آقای دکتر فربه

۲۲ بهمن ۱۴۰۲

## ● تمرین اول

سه نمونه از برنامه‌های محک بسته Parsec شامل blackscholes و bodytrack و swaptions را به صورت تک هسته اجرا کنید. سپس برای هر برنامه اطلاعات زیر را گزارش کنید:

۱. تعداد دستورات شبیه‌سازی شده
۲. تعداد دستورات Issue شده
۳. تعداد دستورات Commit شده
۴. نرخ فقدان در D-cache و I-cache و L۲-cache
۵. نسبت خواندن‌های داده به نوشتن‌های داده توسط پردازنده
۶. نسبت درخواست‌های خواندن به نوشتن در حافظه اصلی

در فایل گزارش علاوه بر موارد ذکر شده، مراحل انجام تمرین را به طور کامل بنویسید. همچنین فایل خروجی Gem۵ را در پوشه پاسخ تمرین قرار دهید.

## ● تمرین دوم

از بین برنامه‌های محک بسته Parsec دو برنامه streamcluster و rtview را با تنظیمات زیر اجرا کنید و پارامترهای مربوط به Branch prediction را بررسی و با یکدیگر مقایسه کنید. تنظیمات:

1. CPU type = DerivO3CPU, MinorCPU
2. Branch prediction type = TAGE, TournamentBP, BiModeBP

در این تمرین نیز علاوه بر پارامترهای خواسته شده، مراحل انجام تمرین را به صورت کامل در فایل گزارش بنویسید.

## ۱ پاسخ تمرین اول

در این قسمت به بررسی نتایج بدست آمده حاصل از شبیه‌سازی می‌پردازیم.

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
SHCC] libfdt/fdt_empty_tree.c -> .os
SHCC] libfdt/fdt_strerror.c -> .os
AR] -> libfdt/libfdt.a
RANLIB] -> libfdt/libfdt.a
SHCC] fputils/fp64.c -> .os
SHCC] fputils/fp80.c -> .os
AR] -> fputils/libfputils.a
RANLIB] -> fputils/libfputils.a
SHCXX] drampower/src/CommandAnalysis.cc -> .os
SHCXX] drampower/src/MemArchitectureSpec.cc -> .os
SHCXX] drampower/src/MemCommand.cc -> .os
SHCXX] drampower/src/MemPowerSpec.cc -> .os
SHCXX] drampower/src/MemTimingSpec.cc -> .os
SHCXX] drampower/src/MemoryPowerModel.cc -> .os
SHCXX] drampower/src/MemorySpecification.cc -> .os
SHCXX] drampower/src/Parameter.cc -> .os
SHCXX] drampower/src/Parametrisable.cc -> .os
CXX] ALPHA/base/date.cc -> .o
SHCXX] drampower/src/libdrampower/libDRAMPower.cc -> .os
AR] -> drampower/libdrampower.a
RANLIB] -> drampower/libdrampower.a
LINK] -> ALPHA/gem5.opt
scons: done building targets.
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$
```

به دلیل مشکلات ناشی از عدم Build شدن Ubuntu ۱۷ و Ubuntu ۱۶ بر روی سیستم، در این تمرین از VM استفاده کردیم و از نسخه ای که از TA درس دریافت کرده ایم، «Ubuntu ۱۶.۰۴» استفاده کردیم. در ابتدا فایل gem۵ با نام gem5-60eb3fef9c2d را در دایرکتوری /home/ubuntu/ قرار می‌دهیم و وارد دایرکتوری gem5-60eb3fef9c2d می‌شویم. سپس با دستور زیر، gem۵ را یک مرتبه در مد ALPHA بیلد می‌کنیم.

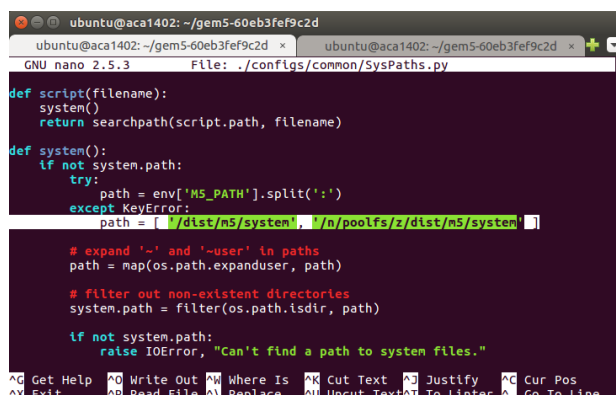
شکل ۱: Build موفق در مد ALPHA

```
$ scons build/ALPHA/gem5.opt -j4
```

```
$ wget http://www.cs.utexas.edu/
  parsec_m5/vmlinux_2.6.27-gcc_4.3.4
$ rm vmlinux
$ mv vmlinux_2.6.27-gcc_4.3.4 vmlinux
  در ادامه می‌بایست فایل PAL را را دانلود کنیم:
$ wget http://www.cs.utexas.edu/
  parsec_m5/tsb_osfpal
$ rm ts_osfpal
$ mv tsb_osfpal ts_osfpal
  با دستورات زیر فایل PARSEC-1.2 را دانلود می‌کنیم:
$ cd ../disks/
$ wget http://www.cs.utexas.edu/ parsec_m5
  /linux-parsec-2-1-m5-with-
  test-inputs.img.bz2
$ bzip2 -d linux-parsec-2-1-m5-
  with-test-inputs.img.bz2
```

پس از دانلود فایل‌های مورد نیاز، باید به دایرکتوری `configs/common` رفته و تغییرات زیر را در فایل `SysPath.py` اعمال می‌کنیم: «شکل ۳» «شکل ۴»

```
path = [ '/dist/m5/system',
  '/n/poolfs/z/dist/m5/system' ]
  به کد زیر تغییر می‌دهیم:
path = [ '/dist/m5/system',
  'home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/' ]
full_system_images/system' ]
```



شکل ۳: مسیر اولیه فایل SysPath.py

پس از بیلد موفقیت آمیز در مد ALPHA «شکل ۱» باید دایرکتوری ای برای ذخیره image های PARSEC ایجاد کنیم. می‌توان با دستورات زیر این کار را انجام داد:

```
$ mkdir full_system_images
$ cd full_system_images
```

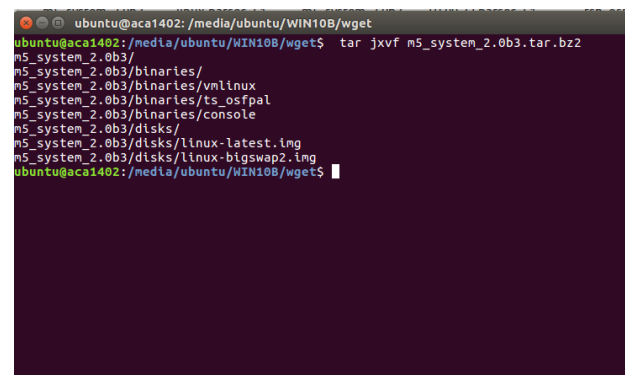
اکنون که در دایرکتوری

```
/home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/
/full_system_images
```

هستیم، با استفاده از دستور زیر فایل‌های اولیه مورد نیاز سیستم رای شبیه‌سازی را دانلود می‌کنیم:

```
$ wget http://www.m5sim.org/dist/
  current/m5_system_2.0b3.tar.bz2
```

پس از دانلود فایل، با استفاده از دستور زیر، فایل دانلود شده را `extract` می‌کنیم «شکل ۲»



شکل ۲: `extract` کردن بسته PARSEC

سپس اسم فایل آنزپ شده را با استفاده از دستور زیر، از `m5_system_2.0b3` به `system` تغییر می‌دهیم.

اگر مراحل بالا را به درستی انجام داده باشیم، محتویات دایرکتوری `system` باید به صورت زیر باشد:

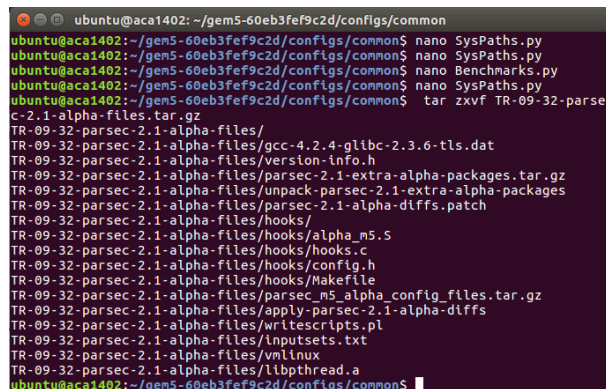
```
system/
  binaries/
  console
  ts_osfpal
  vmlinux
  disks/
  linux-bigswap2.img
  linux-latest.img
```

در این مرحله، با استفاده از دستورات زیر، به دایرکتوری `binaries` رفته و بسته PARSEC مورد نظر را دانلود کرده و آن را `extract` می‌کنیم:

```
$ cd ./system/binaries/
```

حالا با استفاده از دستورات زیر، باید فایل قابل اجرا برای اجرای Benchmark ها را ایجاد کنیم. اما قبل از آن باید پکیج script generation PARSEC را از لینک زیر دانلود کنیم: «شکل ۷»

```
$ wget http://www.cs.utexas.edu/
  parsec_m5/TR-09-32-parsec-2.1
  -alpha-files.tar.gz
$ tar zxvf TR-09-32-parsec-2.1-
  alpha-files.tar.gz
```



```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d/configs/common
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d/configs/common$ nano SysPaths.py
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d/configs/common$ nano SysPaths.py
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d/configs/common$ nano Benchmarks.py
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d/configs/common$ nano SysPaths.py
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d/configs/common$ tar zxvf TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files.tar.gz
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/gcc-4.2.4-glibc-2.3.6-tls.dat
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/verton-info.h
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/parsec-2.1-extra-alpha-packages.tar.gz
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/unpack-parsec-2.1-extra-alpha-packages
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/parsec-2.1-alpha-diffs.patch
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/hooks/
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/hooks/alpha_m5.s
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/hooks/hooks.c
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/hooks/config.h
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/hooks/Makefile
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/parsec_m5_alpha_config_files.tar.gz
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/apply-parsec-2.1-alpha-diffs
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/writescripts.pl
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/inputsets.txt
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/vmlinux
TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/libpthread.a
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d/configs/common$
```

شکل ۷: دانلود و extract فایل تولید اسکریپت

با دستور زیر می‌توان اسکریپت‌های قابل اجرا را تولید کرد:

```
$ ./writescripts.pl <benchmark> <nthreads>
```

برای تولید فایل‌های قابل اجرا ابتدا به دایرکتوری زیر می‌رویم:

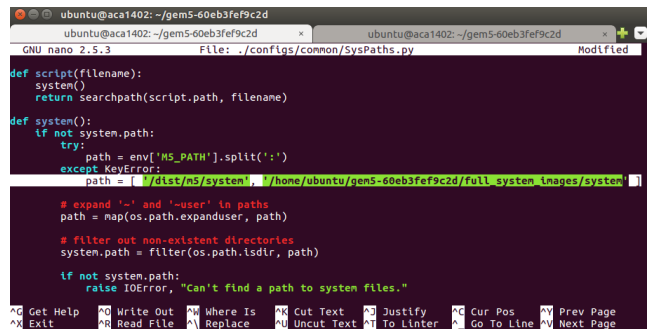
```
$ cd TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files
```

و سپس دستورات زیر را برای تولید فایل‌های مورد نیاز، مطابق با ۳ برنامه‌ای که در صورت تمرین از ما خواسته شده است تولید می‌کنیم.

```
$ ./writescripts.pl swaptions 1
$ ./writescripts.pl bodytrack 1
$ ./writescripts.pl blackscholes 1
```

بعد از ایجاد فایل‌ها، به دایرکتوری /gem5-60eb3fef9c2d/ برویم و با دستور زیر برنامه‌های تولید شده را Build می‌کنیم. «شکل ۸»

```
$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/
  example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32-
  -parsec-2.1-alpha-files/blackscholes
  _1c_test.rcS --cpu-type=AtomicSimpleCPU
  --caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
  --l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
  --l2_assoc=4 -F 5000000000
```



```
def script(filename):
    system()
    return searchpath(script.path, filename)

def system():
    if not system.path:
        try:
            path = env['$PATH'].split(':')
        except KeyError:
            path = [ '/dist/n5/system', '/home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/full_system_images/system' ]

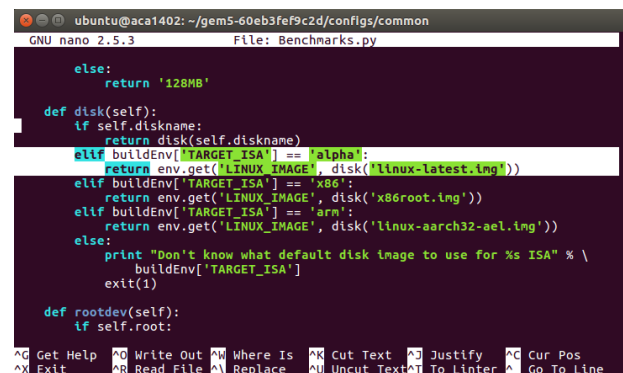
    # expand '-' and '-user' in paths
    path = map(os.path.expanduser, path)

    # filter out non-existent directories
    system.path = filter(os.path.isdir, path)

    if not system.path:
        raise IOError, "Can't find a path to system files."
```

شکل ۴: مسیر اصلاح شده فایل SysPath.py

همچنین تغییرات زیر را هم در فایل Benchmarks.py اعمال می‌کنیم.

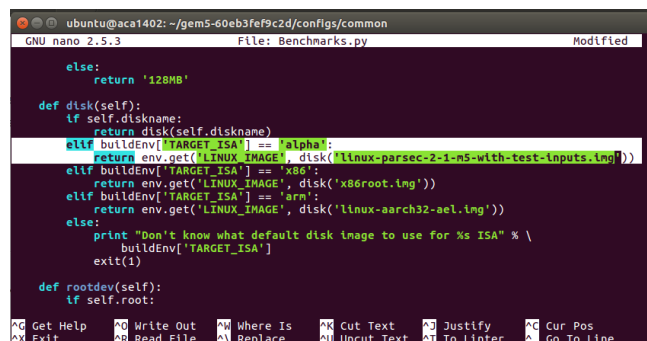


```
else:
    return '128MB'

def disk(self):
    if self.diskname:
        return disk(self.diskname)
    elif buildEnv['TARGET_ISA'] == 'alpha':
        return env.get('LINUX_IMAGE', disk('linux-latest.img'))
    elif buildEnv['TARGET_ISA'] == 'x86':
        return env.get('LINUX_IMAGE', disk('x86root.img'))
    elif buildEnv['TARGET_ISA'] == 'arm':
        return env.get('LINUX_IMAGE', disk('linux-aarch32-ael.img'))
    else:
        print "Don't know what default disk image to use for %s ISA" % \
            buildEnv['TARGET_ISA']
        exit(1)

def rootdev(self):
    if self.root:
```

شکل ۵: مسیر اولیه فایل Benchmarks.py



```
else:
    return '128MB'

def disk(self):
    if self.diskname:
        return disk(self.diskname)
    elif buildEnv['TARGET_ISA'] == 'alpha':
        return env.get('LINUX_IMAGE', disk('linux-parsec-2.1-n5-with-test-inputs.img'))
    elif buildEnv['TARGET_ISA'] == 'x86':
        return env.get('LINUX_IMAGE', disk('x86root.img'))
    elif buildEnv['TARGET_ISA'] == 'arm':
        return env.get('LINUX_IMAGE', disk('linux-aarch32-ael.img'))
    else:
        print "Don't know what default disk image to use for %s ISA" % \
            buildEnv['TARGET_ISA']
        exit(1)

def rootdev(self):
    if self.root:
```

شکل ۶: مسیر اصلاح شده فایل Benchmarks.py

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
warn: mult/sud f14, f10, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f16, f15, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f10, f11, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f12, f22, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f11, f11, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f12, f10, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f13, f14, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f11, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f11, f14, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f10, f12, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f14, f12, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f22, f10, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f12, f15, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f12, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f13, f15, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f14, f10, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f13, f15, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f13, f12, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f15, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f22, f10, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f13, f12, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f12, f22, f0: non-standard trapping mode not supported
Exiting @ tick 2498967750500 because m5_exit instruction encountered
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d$
```

شکل ۸: بیلد بسته PARSEC

شکل ۱۰: خروجی بیلد برنامه Bodytrack

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
warn: mult/sud f20, f10, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f15, f14, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f15, f13, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f14, f26: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f22, f13, f24: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f22, f24, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f13, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f0, f27, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f26, f10, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f12, f15, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f11, f22, f27: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f1, f25, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f21, f10, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f11, f25, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f12, f25, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f13, f25, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f14, f27, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f24, f2: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f12, f11, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f24, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f14, f13, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f15, f26: non-standard trapping mode not supported
Exiting @ tick 2256686874000 because m5_exit instruction encountered
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d$
```

شکل ۱۱: خروجی بیلد برنامه Swaptions

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=/TR-
09-32-parsec-2.1-alpha-files/blackschols tc test.rc5 --cpu-type=AtomicSimpleCPU --caches -l1i size
=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4 -F 50000000
00
```

دستور بالا را می‌بایست ۳ بار برای ۳ بسته خواسته شده در صورت سوال اجرا کرد. در قسمت هایلایت شده دستور بالا، باید اسم برنامه را تغییر داد. پس از اجرای هر بسته می‌بایست فایل stats را که خروجی شبیه‌سازی است، از دایرکتوری /gem5-60eb3fef9c2d/m5out برای ارائه نتایج ذخیره می‌کنیم.

پس از اجرای هر سه بار، خروجی برنامه به صورت زیر می‌شود:

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
warn: subtt/sud f12, f22, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f10, f13, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f11, f11, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f11, f10, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f12, f10, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f13, f14, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f11, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f11, f10, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f11, f14, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f12, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f11, f10, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f14, f12, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f22, f10, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f12, f15, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f10, f12, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f13, f15, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f14, f10, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f13, f15, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: subtt/sud f13, f12, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f10, f15, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f22, f10, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: addtt/sud f13, f12, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f12, f22, f0: non-standard trapping mode not supported
Exiting @ tick 2256831741500 because m5_exit instruction encountered
```

شکل ۹: خروجی بیلد برنامه Blackschols

خروجی‌های خواسته شده برای بسته blackscholes به صورت زیر است:

1. Number of instructions simulated:  
101901272
2. Number of instructions issue: -
3. Number of instructions committed:  
1006108
4. D-cache miss rate for ReadReq accesses  
data: 0.079032
5. D-cache miss rate for ReadReq accesses  
total: 0.079032

24. L2-cache miss rate for ReadExReq accesses total: 0.828718

25. L2-cache miss rate for demand accesses instruction: 0.375316

26. L2-cache miss rate for demand accesses data: 0.580030

27. L2-cache miss rate for demand accesses total: 0.499384

28. L2-cache miss rate for overall accesses instruction: 0.375316

29. L2-cache miss rate for overall accesses data: 0.580030

30. L2-cache miss rate for overall accesses total: 0.499384

$$31. \frac{\text{system.cpu.dcache.overall\_accesses::switch\_cpus.data}}{\text{system.l2.overall\_accesses::switch\_cpus.data}} = \frac{344940}{25578} = 13.48$$

$$32. \frac{\text{Read Request Data}_{CPU}}{\text{Write Request Data}_{CPU}} = \frac{\sum \text{hit \& miss for all caches}}{\sum \text{hit \& miss for all caches}} = \frac{172337+14789+187126+0.079032}{147450+10364+157814+0.065672} = \frac{374252.079032}{315628.065672} = 1.185737644$$

خروجی‌های خواسته شده برای بسته bodytrack به صورت زیر است:

1. Number of instructions simulated: 585538358

2. Number of instructions issue: -

3. Number of instructions committed: 1322549

4. D-cache miss rate for ReadReq accesses data: 0.061957

5. D-cache miss rate for ReadReq accesses total: 0.061957

6. D-cache miss rate for WriteReq accesses data: 0.059123

7. D-cache miss rate for WriteReq accesses total: 0.059123

6. D-cache miss rate for WriteReq accesses data: 0.065672

7. D-cache miss rate for WriteReq accesses total: 0.065672

8. D-cache miss rate for LoadLockedReq accesses data: 0.123693

9. D-cache miss rate for LoadLockedReq accesses total: 0.123693

10. D-cache miss rate for demand accesses data: 0.072920

11. D-cache miss rate for demand accesses total: 0.072920

12. D-cache miss rate for overall accesses data: 0.072920

13. D-cache miss rate for overall accesses total: 0.072920

14. I-cache miss rate for ReadReq accesses instruction: 0.016508

15. I-cache miss rate for ReadReq accesses total: 0.016508

16. I-cache miss rate for demand accesses instruction: 0.016508

17. I-cache miss rate for demand accesses total: 0.016508

18. I-cache miss rate for overall accesses instruction: 0.016508

19. I-cache miss rate for overall accesses total: 0.016508

20. L2-cache miss rate for ReadReq accesses instruction: 0.375316

21. L2-cache miss rate for ReadReq accesses data: 0.410647

22. L2-cache miss rate for ReadReq accesses total: 0.392199

23. L2-cache miss rate for ReadExReq accesses data: 0.828718



26. L2-cache miss rate for demand accesses data: 0.602346

27. L2-cache miss rate for demand accesses total: 0.553861

28. L2-cache miss rate for overall accesses instruction: 0.455283

29. L2-cache miss rate for overall accesses data: 0.602346

30. L2-cache miss rate for overall accesses total: 0.553861

31.  $\frac{\text{system.cpu.dcache.overall\_accesses::switch\_cpus.data}}{\text{system.l2.overall\_accesses::switch\_cpus.data}} = \frac{27113325}{412765} = 65.68$

32.  $\frac{\text{Read Request Data}_{CPU}}{\text{Write Request Data}_{CPU}} = \frac{\sum \text{hit \& miss for all caches}}{\sum \text{hit \& miss for all caches}} = \frac{220789+14583+235372+0.061957}{166905+10488+177393+0.059123} = \frac{470744.061957}{354786.059123} = 1.326839231$

خروجی‌های خواسته شده برای بسته swaptions به صورت زیر است:

1. Number of instructions simulated: 101577846

2. Number of instructions issue: -

3. Number of instructions committed: 1043364

4. D-cache miss rate for ReadReq accesses data: 0.068694

5. D-cache miss rate for ReadReq accesses total: 0.068694

6. D-cache miss rate for WriteReq accesses data: 0.062790

7. D-cache miss rate for WriteReq accesses total: 0.062790

8. D-cache miss rate for LoadLockedReq accesses data: 0.106618

9. D-cache miss rate for LoadLockedReq accesses total: 0.106618

8. D-cache miss rate for LoadLockedReq accesses data: 0.092019

9. D-cache miss rate for LoadLockedReq accesses total: 0.092019

10. D-cache miss rate for demand accesses data: 0.060739

11. D-cache miss rate for demand accesses total: 0.060739

12. D-cache miss rate for overall accesses data: 0.060739

13. D-cache miss rate for overall accesses total: 0.060739

14. I-cache miss rate for ReadReq accesses instruction: 0.009503

15. I-cache miss rate for ReadReq accesses total: 0.009503

16. I-cache miss rate for demand accesses instruction: 0.009503

17. I-cache miss rate for demand accesses total: 0.009503

18. I-cache miss rate for overall accesses instruction: 0.009503

19. I-cache miss rate for overall accesses total: 0.009503

20. L2-cache miss rate for ReadReq accesses instruction: 0.455283

21. L2-cache miss rate for ReadReq accesses data: 0.453539

22. L2-cache miss rate for ReadReq accesses total: 0.454332

23. L2-cache miss rate for ReadExReq accesses data: 0.816439

24. L2-cache miss rate for ReadExReq accesses total: 0.816439

25. L2-cache miss rate for demand accesses instruction: 0.455283

28. L2-cache miss rate for overall accesses instruction: **0.400791**

29. L2-cache miss rate for overall accesses data: **0.605333**

30. L2-cache miss rate for overall accesses total: **0.534973**

31.  $\frac{\text{system.cpu.dcache.overall\_accesses::switch\_cpus.data}}{\text{system.l2.overall\_accesses::switch\_cpus.data}} = \frac{92909}{351728} = \mathbf{0.264150139}$

32.  $\frac{\text{Read Request Data}_{CPU}}{\text{Write Request Data}_{CPU}} = \frac{\sum \text{hit \& miss for all caches}}{\sum \text{hit \& miss for all caches}} = \frac{179024+13205+192229+0.068694}{149484+10015+159499+0.062790} = \frac{384458.068694}{318998.062790} = \mathbf{1.205205026}$

فایل های stats سوال یک در مسیر Result/Stats\_Q1 موجود است.

## ۲ پاسخ تمرین دوم

برای تمرین دوم هم نیاز است مشابه با مرحله قبل، فایل قابل اجرای بسته های PARSEC را ایجاد کنیم و سپس آنها را Build کنیم. در این تمرین می خواهیم دو برنامه stream-cluster و rtview را اجرا کنیم. بنابر این با استفاده از دستورات زیر فایل قابل اجرا را تولید می کنیم.

```
$ ./writescripts.pl rtview 1
$ ./writescripts.pl streamcluster 1
```

پس از تولید برنامه ها، مشابه با قبل با دستور زیر می بایست برنامه ها را Build کنیم. با این تفاوت که در این تمرین باید با ۲ نوع CPU type و ۳ نوع Branch prediction type مختلف انجام دهیم که در مجموع  $2 \times 2 \times 3 = 12$  حالت مختلف می شود. البته یکی از **predic- type** **Branch tion** ها بیلد نمی شود که در ادامه به معرفی آن می پردازیم.

با استفاده از دستور زیر می توان برنامه های مختلف را Build کرد. در قسمت هایی هایلایت شده است باید CPU type ها و برنامه های مورد نیاز را تغییر داد. Branch را نمی توان به صورت کامندی تغییر داد و می بایست از محل دیگری از درون فایل 03CPU.py تغییر داد که در ادامه بیشتر در مورد آن بحث خواهیم کرد.

به صورت دیفالت **Branch prediction type** بر روی **TournamentBP** تنظیم شده است.

```
$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32
```

10. D-cache miss rate for demand accesses data: **0.066017**

11. D-cache miss rate for demand accesses total: **0.066017**

12. D-cache miss rate for overall accesses data: **0.066017**

13. D-cache miss rate for overall accesses total: **0.066017**

14. I-cache miss rate for ReadReq accesses instruction: **0.011861**

15. I-cache miss rate for ReadReq accesses total: **0.011861**

16. I-cache miss rate for demand accesses instruction: **0.011861**

17. I-cache miss rate for demand accesses total: **0.011861**

18. I-cache miss rate for overall accesses instruction: **0.011861**

19. I-cache miss rate for overall accesses total: **0.011861**

20. L2-cache miss rate for ReadReq accesses instruction: **0.400791**

21. L2-cache miss rate for ReadReq accesses data: **0.437440**

22. L2-cache miss rate for ReadReq accesses total: **0.419978**

23. L2-cache miss rate for ReadExReq accesses data: **0.833533**

24. L2-cache miss rate for ReadExReq accesses total: **0.833533**

25. L2-cache miss rate for demand accesses instruction: **0.400791**

26. L2-cache miss rate for demand accesses data: **0.605333**

27. L2-cache miss rate for demand accesses total: **0.534973**



```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
warn: adds/sud f13,f11,f12: non-standard trapping mode not supported
warn: adds/sud f12,f12,f0: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f11,f11,f12: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12,f11,f14: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12,f10,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subs/sud f11,f10,f13: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f13,f12,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: adds/sud f11,f10,f13: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12,f13,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subs/sud f11,f10,f12: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12,f14,f13: non-standard trapping mode not supported
warn: adds/sud f12,f13,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f11,f11,f14: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f14,f10,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12,f14,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f13,f14,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12,f14,f15: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f13,f17,f10: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f14,f10,f12: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f14,f15,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subs/sud f12,f14,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subs/sud f10,f11,f0: non-standard trapping mode not supported
Exiting @ tick 2282640487000 because m5_exit instruction encountered
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$

```

شکل ۱۳: خروجی برنامه rtview برای DerivO3CPU

با دستور زیر برنامه streamcluster را شبیه‌سازی می‌کنیم:

```

$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32
-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcS --cpu-type=DerivO3CPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4 -F 5000000000

```

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py
-n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcS --cpu
-type=DerivO3CPU --caches --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_as
soc=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4 -F 5000000000

```

شکل ۱۴: دستور بیلد streamcluster برای DerivO3CPU

برنامه streamcluster با موفقیت بیلد می‌شود و خروجی شبیه‌سازی به صورت زیر است:

```

-parsec-2.1-alpha-files/rtview_1c_test
.rcS --cpu-type=DerivO3CPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4 -F 5000000000

```

## Branch Prediction Type = TournamentBP

CPU Type = DerivO3CPU ۱.۱.۲

با این کانفیگ مشخص شده دو برنامه مورد نظر را شبیه‌سازی می‌کنیم.

با دستور زیر برنامه rtview را شبیه‌سازی می‌کنیم:

```

$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32
-parsec-2.1-alpha-files/rtview_1c_test.rcS --cpu-type=DerivO3CPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4 -F 5000000000

```

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py
-n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/rtview_1c_test.rcS --cpu-type=D
erivO3CPU --caches --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 -
-l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4 -F 5000000000

```

شکل ۱۵: دستور بیلد rtview برای DerivO3CPU

برنامه rtview با موفقیت بیلد می‌شود و خروجی شبیه‌سازی به صورت زیر است:

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
gem5 compiled Feb 11 2024 06:24:49
gem5 started Feb 11 2024 04:47:22
gem5 executing on aca1402
command line: build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32-
parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU --cache
s --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 --l2cache --l2_siz
e=256kB --l2_assoc=4 -F 5000000000

Global frequency set at 100000000000 ticks per second
warn: DRAM device capacity (8192 Mbytes) does not match the address range assign
ed (512 Mbytes)
info: kernel located at: /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/full_system_images/syste
m/binaries/vmlinux
Listening for system connection on port 3456
0: system.tsunami.io.rtc: Real-time clock set to Thu Jan 1 00:00:00 2009
0: system.remote.gdb.listener: listening for remote gdb #0 on port 7000
Switch at instruction count:5000000000
info: Entering event queue @ 0. Starting simulation...
Segmentation fault (core dumped)
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$

```

شکل ۱۷: خروجی برنامه streamcluster برای Minor-CPU

بنابر این دستور شبیه‌سازی را به صورت زیر تغییر می‌دهیم و مجدد برنامه را اجرا می‌کنیم:

```

$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/
example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32-
parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_
1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4

```

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
gem5 is copyrighted software; use the --copyright option for details.
gem5 compiled Feb 11 2024 04:01:03
gem5 started Feb 11 2024 04:06:26
gem5 executing on aca1402
command line: build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-
32-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU --cache
s --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 --l2cache --l2_siz
e=256kB --l2_assoc=4

Global frequency set at 100000000000 ticks per second
warn: DRAM device capacity (8192 Mbytes) does not match the address range assign
ed (512 Mbytes)
info: kernel located at: /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/full_system_images/syste
m/binaries/vmlinux
Listening for system connection on port 3456
0: system.tsunami.io.rtc: Real-time clock set to Thu Jan 1 00:00:00 2009
0: system.remote.gdb.listener: listening for remote gdb #0 on port 7000
**** REAL SIMULATION ****
info: Entering event queue @ 0. Starting simulation...
warn: Prefetch instructions in Alpha do not do anything
warn: Prefetch instructions in Alpha do not do anything
Exiting @ tick 2488551323000 because switchcpu
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$

```

شکل ۱۸: خروجی برنامه streamcluster برای Minor-CPU

با دستور زیر برنامه rtview را شبیه‌سازی می‌کنیم:

```

$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/
example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32-
parsec-2.1-alpha-files/rtview_1c_test
.rcs --cpu-type=MinorCPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4

```

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
warn: mult/sud f12,f25,f13: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f13,f25,f14: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f15,f14,f13: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f22,f13,f24: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f15,f13,f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f0,f27,f10: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f22,f24,f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10,f14,f26: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f26,f10,f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10,f13,f12: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f12,f15,f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f14,f13,f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10,f15,f26: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f11,f22,f27: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f14,f27,f12: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f12,f11,f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f11,f12,f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10,f24,f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10,f24,f2: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f28,f23,f12: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f29,f12,f22: non-standard trapping mode not supported
warn: Address 0xfffffff0 is outside of physical memory, stopping fetch
Exiting @ tick 2269799989000 because m5_exit instruction encountered
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$

```

شکل ۱۵: خروجی برنامه streamcluster برای De-rivO۳CPU

## ۲.۱.۲ CPU Type = MinorCPU

برای شبیه‌سازی این نوع CPU باید یک تغییر کوچک در دستور بدسیم. اگر همانند قبل با دستور زیر شبیه‌سازی را انجام دهیم، شبیه‌سازی اجرا نمی‌شود و خطای core dumped می‌دهد «شکل ۱۷»

```

$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/
example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32-
parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_
1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4 -F 5000000000

```

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py
-n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcs --cpu
type=MinorCPU --caches --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_asso
c=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4 -F 5000000000

```

شکل ۱۶: دستور بیلد streamcluster برای MinorCPU

برنامه streamcluster اجرا نشده و خطای و خطای core dumped می‌دهد.

```

numPhysCCRegs = Param.Unsigned( defaultNumPhysCCRegs,
                                "Number of physical cc registers")
numIQEntries = Param.Unsigned(64, "Number of instruction queue entries")
numROBEntries = Param.Unsigned(192, "Number of reorder buffer entries")

smtNumFetchingThreads = Param.Unsigned(1, "SMT Number of Fetching Threads")
smtFetchPolicy = Param.String('SingleThread', "SMT Fetch policy")
smtLSQPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT LSQ Sharing Policy")
smtLSQThreshold = Param.Int(100, "SMT LSQ Threshold Sharing Parameter")
smtIQPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT IQ Sharing Policy")
smtIQThreshold = Param.Int(100, "SMT IQ Threshold Sharing Parameter")
smtROBPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT ROB Sharing Policy")
smtROBThreshold = Param.Int(100, "SMT ROB Threshold Sharing Parameter")
smtCommitPolicy = Param.String('RoundRobin', "SMT Commit Policy")

branchPred = Param.BranchPredictor(ModeB(numThreads =
                                           Parent.numThreads),
                                   "Branch Predictor")

needsTSO = Param.Bool(buildEnv['TARGET_ISA'] == 'x86',
                      "Enable TSO Memory model")

def addCheckerCpu(self):
    if buildEnv['TARGET_ISA'] in ['arm']:
        from ArmTLB import ArmTLB

    self.checker = O3Checker(workload=self.workload,
                             exitOnError=False,
                             updateOnError=True,
                             warnOnlyOnLoadError=True)

```

### شکل ۲۱: محل تغییر type Branch prediction

با تغییر ModeB به CPU type هایی که صورت سوال از ما خواسته شده می‌توان ادامه تمرین را پاسخ داد. فقط باید دقت داشت که پس از تغییر CPU type می‌بایست یک بار gem5 را مجدداً بیلد کرد.

با تغییر نوع CPU به TAGE «شکل ۲۲» و بیلد مجدد، متوجه می‌شویم که این CPU type اصلاً در این مدل وجود ندارد و بیلد ناموفق انجام می‌شود. «شکل ۲۳» بنا بر این، بسته های PARSEC بر روی این مدل CPU قابل اجرا نیستند و از روی آن عبور می‌کنیم و CPU type بعدی را تست می‌کنیم.

```

O3CPU.py (~/.gem5-60eb3fef9c2d/src/cpu/o3) - gedit
Open
numPhysCCRegs = Param.Unsigned( defaultNumPhysCCRegs,
                                "Number of physical cc registers")
numIQEntries = Param.Unsigned(64, "Number of instruction queue entries")
numROBEntries = Param.Unsigned(192, "Number of reorder buffer entries")

smtNumFetchingThreads = Param.Unsigned(1, "SMT Number of Fetching Threads")
smtFetchPolicy = Param.String('SingleThread', "SMT Fetch policy")
smtLSQPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT LSQ Sharing Policy")
smtLSQThreshold = Param.Int(100, "SMT LSQ Threshold Sharing Parameter")
smtIQPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT IQ Sharing Policy")
smtIQThreshold = Param.Int(100, "SMT IQ Threshold Sharing Parameter")
smtROBPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT ROB Sharing Policy")
smtROBThreshold = Param.Int(100, "SMT ROB Threshold Sharing Parameter")
smtCommitPolicy = Param.String('RoundRobin', "SMT Commit Policy")

branchPred = Param.BranchPredictor(TAGE(numThreads =
                                         Parent.numThreads),
                                   "Branch Predictor")

needsTSO = Param.Bool(buildEnv['TARGET_ISA'] == 'x86',
                      "Enable TSO Memory model")

def addCheckerCpu(self):
    if buildEnv['TARGET_ISA'] in ['arm']:
        from ArmTLB import ArmTLB

    self.checker = O3Checker(workload=self.workload,
                             exitOnError=False,
                             updateOnError=True,
                             warnOnlyOnLoadError=True)

```

### شکل ۲۲: تغییر type Branch prediction به TAGE

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py
-n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/rview_1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU
--l1_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 --l2cache
--l2_size=256kB --l2_assoc=4

```

### شکل ۱۹: دستور بیلد rtview برای MinorCPU

برنامه rtview با موفقیت بیلد می‌شود و خروجی شبیه‌سازی به صورت زیر است:

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
gem5 is copyrighted software; use the --copyright option for details.

gem5 compiled Feb 11 2024 04:01:03
gem5 started Feb 11 2024 04:28:09
gem5 executing on aca1402
command line: build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/rview_1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU --l1_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4

Global frequency set at 1000000000000 ticks per second
warn: DRAM device capacity (8192 Mbytes) does not match the address range assigned (512 Mbytes)
info: kernel located at: /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/full_system_images/system/binaries/vmlinux
Listening for system connection on port 3456
0: system.tsunami.io.rtc: Real-time clock set to Thu Jan 1 00:00:00 2009
0: system.remote_gdb.listener: listening for remote gdb #0 on port 7000
**** REAL SIMULATION ****
info: Entering event queue @ 0. Starting simulation...
warn: Prefetch instructions in Alpha do not do anything
warn: Prefetch instructions in Alpha do not do anything
Exiting @ tick 2488532572000 because switchcpu
ubuntu@aca1402:~/gem5-60eb3fef9c2d$

```

### شکل ۲۰: خروجی برنامه rtview برای MinorCPU

## ۲.۲ Branch Prediction Type = TAGE

برای تغییر type Branch prediction می‌بایست به مسیر زیر رفته:

/gem5-60eb3fef9c2d/src/cpu/o3/

و نوع Branch prediction را از درون فایل O3CPU.py طبق «شکل ۲۱»

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
hed) no
Checking for timer_create(CLOCK_MONOTONIC, NULL, NULL) in C library rt... (cached) yes
Checking for C library tcnalloc... (cached) yes
Checking for C header file fenv.h... (cached) yes
Checking for C header file linux/kvm.h... (cached) yes
Checking size of struct kvm_xsave... (cached) yes
Checking for member exclude_host in struct perf_event_attr... (cached) yes
Building in /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/build/ALPHA
Using saved variables file /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/build/variables/ALPHA
scons: done reading SConscript files.
scons: Building targets ...
[NEW DEPS] ALPHA/arch/alpha/generated/inc.d -> alpha-deps
[ENVIRONS] alpha-deps -> alpha-environs
[SO PARAM] DerivO3CPU -> ALPHA/params/DerivO3CPU.hh
[SO SWIG] DerivO3CPU -> ALPHA/python/n5/Internal/param_DerivO3CPU.i
[EMBED PY] ALPHA/cpu/o3/O3CPU.py -> .cc
[CXX] ALPHA/cpu/o3/O3CPU.py.cc -> .o
[CXX] ALPHA/python/n5/Internal/param_SimpleTrace_wrap.cc -> .o
[CXX] ALPHA/python/n5/Internal/param_O3Checker_wrap.cc -> .o
[CXX] ALPHA/base/date.cc -> .o
[LINK] -> ALPHA/gen5.opt
scons: done building targets.
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$
```

شکل ۲۵: بیلد موفق BiModeBP

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
Checking size of struct kvm_xsave ... (cached) yes
Checking for member exclude_host in struct perf_event_attr... (cached) yes
Building in /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/build/ALPHA
Using saved variables file /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/build/variables/ALPHA
NameError: name 'TAGE' is not defined:
File "/home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/SConstruct", line 1405:
    SConscript('src/SConscript', variant_dir = variant_path, exports = 'env')
File "/usr/lib/scons/SCons/Script/SConscript.py", line 614:
    return method(*args, **kw)
File "/usr/lib/scons/SCons/Script/SConscript.py", line 551:
    return _SConscript(self.fs, *files, **subst_kw)
File "/usr/lib/scons/SCons/Script/SConscript.py", line 260:
    exec file in call_stack[-1].globals
File "/home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/build/ALPHA/SConscript", line 488:
    exec('from n5.objects import %s' % modname)
File "<string>", line 1:
    None
File "/home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/build/ALPHA/SConscript", line 468:
    exec file(source.abspath, 'r') in mod._dict
File "/home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/src/cpu/o3/O3CPU.py", line 37:
    class DerivO3CPU(BaseCPU):
File "/home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/src/cpu/o3/O3CPU.py", line 142:
    branchPred = Param.BranchPredictor(TAGE(numThreads =
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$
```

شکل ۲۳: بیلد ناموفق TAGE

## ۱.۳.۲ CPU Type = MinorCPU

سپس با دستور زیر برنامه rtview را شبیه‌سازی می‌کنیم:

```
$ build/ALPHA/gen5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32
-parsec-2.1-alpha-files/rtview_1c_test.rcS --cpu-type=MinorCPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4
```

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gen5.opt ./configs/example/fs.py
-n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/rtview_1c_test.rcS --cpu-type=MinorCPU --caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4
```

شکل ۲۶: دستور بیلد rtview برای MinorCPU و Bi-ModeBP

## ۳.۲ Branch Prediction Type = BiModeBP

مطابق با «شکل ۲۴» نوع CPU را به BiModeBP تغییر می‌دهیم.

```
*O3CPU.py (-/gem5-60eb3fef9c2d/src/cpu/o3) - gedit
Open
numPhysCRegs = Param.Unsigned(_defaultNumPhysCRegs,
    "Number of physical cc registers")
numIQEntries = Param.Unsigned(64, "Number of instruction queue entries")
numROBEntries = Param.Unsigned(192, "Number of reorder buffer entries")

smtNumFetchingThreads = Param.Unsigned(1, "SMT Number of Fetching Threads")
smtFetchPolicy = Param.String('SingleThread', "SMT Fetch policy")
smtLSQPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT LSQ Sharing Policy")
smtLSQThreshold = Param.Int(100, "SMT LSQ Threshold Sharing Parameter")
smtIQPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT IQ Sharing Policy")
smtIQThreshold = Param.Int(100, "SMT IQ Threshold Sharing Parameter")
smtROBPolicy = Param.String('Partitioned', "SMT ROB Sharing Policy")
smtROBThreshold = Param.Int(100, "SMT ROB Threshold Sharing Parameter")
smtCommitPolicy = Param.String('RoundRobin', "SMT Commit Policy")

branchPred = Param.BranchPredictor(BiModeBP(numThreads =
    Parent.numThreads),
    "Branch Predictor")
needsT50 = Param.Bool(buildEnv['TARGET_ISA'] == 'x86',
    "Enable T50 Memory model")

def addCheckerCpu(self):
    if buildEnv['TARGET_ISA'] in ['arm']:
        from ArmTLB import ArmTLB

    self.checker = O3Checker(workload=self.workload,
        exitOnError=False,
        updateOnError=True,
        warnOnlyOnLoadError=True)
```

شکل ۲۴: تغییر branch prediction type به Bi-ModeBP

برنامه rtview با موفقیت بیلد می‌شود و خروجی شبیه‌سازی به صورت زیر است:

سپس ۵ بار یکبار بیلد می‌کنیم. «شکل ۲۵»



```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
gem5 is copyrighted software; use the --copyright option for details.

gem5 compiled Feb 11 2024 04:38:04
gem5 started Feb 11 2024 04:50:57
gem5 executing on aca1402
command line: build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU --cache
s --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4

Global frequency set at 100000000000 ticks per second
warn: DRAM device capacity (8192 Mbytes) does not match the address range assign
ed (512 Mbytes)
info: kernel located at: /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/full_system_images/syste
m/binaries/vmlinux
Listening for system connection on port 3456
0: system.tsunami.io.rtc: Real-time clock set to Thu Jan 1 00:00:00 2009
0: system.remote.gdb.listener: listening for remote gdb #0 on port 7000
**** REAL SIMULATION ****
info: Entering event queue @ 0. Starting simulation...
warn: Prefetch instructions in Alpha do not do anything
warn: Prefetch instructions in Alpha do not do anything
Exiting @ tick 2488551323000 because switchcpu
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$
```

شکل ۲۹: خروجی برنامه streamcluster برای Minor-CPU و BiModeBP

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
gem5 is copyrighted software; use the --copyright option for details.

gem5 compiled Feb 11 2024 04:38:04
gem5 started Feb 11 2024 04:43:05
gem5 executing on aca1402
command line: build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/rview_1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU --caches --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4

Global frequency set at 100000000000 ticks per second
warn: DRAM device capacity (8192 Mbytes) does not match the address range assign
ed (512 Mbytes)
info: kernel located at: /home/ubuntu/gem5-60eb3fef9c2d/full_system_images/syste
m/binaries/vmlinux
Listening for system connection on port 3456
0: system.tsunami.io.rtc: Real-time clock set to Thu Jan 1 00:00:00 2009
0: system.remote.gdb.listener: listening for remote gdb #0 on port 7000
**** REAL SIMULATION ****
info: Entering event queue @ 0. Starting simulation...
warn: Prefetch instructions in Alpha do not do anything
warn: Prefetch instructions in Alpha do not do anything
Exiting @ tick 2488532572000 because switchcpu
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$
```

شکل ۲۷: خروجی برنامه rview برای MinorCPU و BiModeBP

### ۲.۳.۲ CPU Type = DerivO3CPU

با دستور زیر برنامه rview را شبیه‌سازی می‌کنیم:

```
$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/
example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32
-parsec-2.1-alpha-files/rview_1c_test
.rcs --cpu-type=DerivO3CPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4 -F 5000000000
```

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py
-n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/rview_1c_test.rcs --cpu-type=D
erivO3CPU --caches --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_assoc=4 -
l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4 -F 5000000000
```

شکل ۳۰: دستور بیلد rview برای DerivO3CPU و BiModeBP

با دستور زیر برنامه streamcluster را شبیه‌سازی می‌کنیم:

```
$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/
example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32
-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_
1c_test.rcs --cpu-type=MinorCPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4
```

```
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py
-n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcs --cpu
-type=MinorCPU --caches --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_asso
c=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4
```

شکل ۲۸: دستور بیلد streamcluster برای MinorCPU و BiModeBP

برنامه rview با موفقیت Build می‌شود و خروجی آن به صورت زیر است.

برنامه streamcluster با موفقیت بیلد می‌شود و خروجی شبیه‌سازی به صورت زیر است:

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
warn: mult/sud f12, f25, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f13, f25, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f15, f14, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f22, f13, f24: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f15, f13, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f0, f27, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f22, f24, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10, f14, f26: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f26, f10, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10, f13, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f12, f15, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f14, f13, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10, f15, f26: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f11, f22, f27: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f14, f27, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f12, f11, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f11, f12, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10, f24, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: addt/sud f10, f24, f2: non-standard trapping mode not supported
warn: mult/sud f28, f23, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: subd/sud f29, f12, f22: non-standard trapping mode not supported
warn: Address 0xffffffffc0 is outside of physical memory, stopping fetch
Exiting @ tick 2269882840000 because m5_exit instruction encountered
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d

```

شکل ۳۳: خروجی برنامه rtview برای DerivO3CPU و BiModeBP و برنامه streamcluster

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d
warn: adds/sud f13, f11, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: adds/sud f12, f12, f0: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f11, f11, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12, f11, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12, f10, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subs/sud f11, f10, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f13, f12, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: adds/sud f11, f10, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12, f13, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subs/sud f11, f10, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12, f14, f13: non-standard trapping mode not supported
warn: adds/sud f12, f13, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f11, f11, f14: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f14, f10, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12, f14, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f13, f14, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f12, f14, f15: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f13, f17, f10: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f14, f10, f12: non-standard trapping mode not supported
warn: muls/sud f14, f15, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subs/sud f12, f14, f11: non-standard trapping mode not supported
warn: subs/sud f10, f11, f0: non-standard trapping mode not supported
Exiting @ tick 2282636882000 because m5_exit instruction encountered
ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d

```

شکل ۳۱: خروجی برنامه rtview برای DerivO3CPU و BiModeBP

در ادامه، پارامترهای مربوط به Branch prediction را ارائه می‌دهیم:

## ۳ پارامترهای Branch prediction برای TournamentBP

### ۱.۳ MinorCPU

#### ۱.۱.۳ rtview

1. Number of BP lookups: 24114369
2. Number of conditional branches predicted: 20413337
3. Number of conditional branches incorrect: 525586
4. Number of BTB lookups: 12238326
5. Number of BTB hits: 9725415
6. Number of branch fetches per cycle: -
7. Number of branches that were predicted taken incorrectly: -
8. Number of branches that were predicted not taken incorrectly: -
9. Number of branches executed: -
10. The number of times a branch was mispredicted: -
11. Number of branches committed: -

با دستور زیر برنامه streamcluster را شبیه‌سازی می‌کنیم:

```

$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py -n 1 --script=./TR-09-32
-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcS --cpu-type=DerivO3CPU
--caches --l1i_size=16kB --l1i_assoc=4
--l1d_assoc=4 --l2cache --l2_size=256kB
--l2_assoc=4 -F 5000000000

```

```

ubuntu@aca1402: ~/gem5-60eb3fef9c2d$ build/ALPHA/gem5.opt ./configs/example/fs.py
-n 1 --script=./TR-09-32-parsec-2.1-alpha-files/streamcluster_1c_test.rcS --cpu
-type=DerivO3CPU --caches --l1i_size=16kB --l1d_size=16kB --l1i_assoc=4 --l1d_as
soc=4 --l2cache --l2_size=256kB --l2_assoc=4 -F 5000000000

```

شکل ۳۲: دستور بیلد rtview برای DerivO3CPU و BiModeBP و برنامه streamcluster

برنامه streamcluster با موفقیت Build می‌شود و خروجی آن به صورت زیر است.



9. Number of branches executed: 144819
10. The number of times a branch was mis-predicted: 13846
11. Number of branches committed: 124877

#### streamcluster ۲.۲.۳

1. Number of BP lookups: 243326
2. Number of conditional branches predicted: 191862
3. Number of conditional branches incorrect: 11942
4. Number of BTB lookups: 162440
5. Number of BTB hits: 103462
6. Number of branch fetches per cycle: 0.091462
7. Number of branches that were predicted taken incorrectly: 5470
8. Number of branches that were predicted not taken incorrectly: 9312
9. Number of branches executed: 142042
10. The number of times a branch was mis-predicted: 13729
11. Number of branches committed: 121075

## ۴ پارامترهای Branch prediction برای BiModeBP

### MinorCPU ۱.۴

#### rtview ۱.۱.۴

1. Number of BP lookups: 24114369
2. Number of conditional branches predicted: 20413337
3. Number of conditional branches incorrect: 525586
4. Number of BTB lookups: 12238326

### streamcluster ۲.۱.۳

1. Number of BP lookups: 24115083
2. Number of conditional branches predicted: 20413869
3. Number of conditional branches incorrect: 525713
4. Number of BTB lookups: 12238555
5. Number of BTB hits: 9725825
6. Number of branch fetches per cycle: -
7. Number of branches that were predicted taken incorrectly: -
8. Number of branches that were predicted not taken incorrectly: -
9. Number of branches executed: -
10. The number of times a branch was mis-predicted: -
11. Number of branches committed: -

### DerivO۳CPU ۲.۳

#### rtview ۱.۲.۳

1. Number of BP lookups: 246840
2. Number of conditional branches predicted: 194205
3. Number of conditional branches incorrect: 12001
4. Number of BTB lookups: 164571
5. Number of BTB hits: 103545
6. Number of branch fetches per cycle: 0.089647
7. Number of branches that were predicted taken incorrectly: 5325
8. Number of branches that were predicted not taken incorrectly: 9678

**DerivO۳CPU ۲.۴****rtview ۱.۲.۴**

1. Number of BP lookups: 285624
2. Number of conditional branches predicted: 235478
3. Number of conditional branches incorrect: 10337
4. Number of BTB lookups: 186824
5. Number of BTB hits: 97690
6. Number of branch fetches per cycle: 0.104067
7. Number of branches that were predicted taken incorrectly: 3943
8. Number of branches that were predicted not taken incorrectly: 9309
9. Number of branches executed: 144103
10. The number of times a branch was mis-predicted: 1944
11. Number of branches committed: 124875

**streamcluster ۲.۲.۴**

1. Number of BP lookups: 278202
2. Number of conditional branches predicted: 229796
3. Number of conditional branches incorrect: 10090
4. Number of BTB lookups: 182030
5. Number of BTB hits: 94709
6. Number of branch fetches per cycle: 0.104330
7. Number of branches that were predicted taken incorrectly: 3844
8. Number of branches that were predicted not taken incorrectly: 9068

5. Number of BTB hits: 9725415

6. Number of branch fetches per cycle: -
7. Number of branches that were predicted taken incorrectly: -
8. Number of branches that were predicted not taken incorrectly: -
9. Number of branches executed: -
10. The number of times a branch was mis-predicted: -
11. Number of branches committed: -

**streamcluster ۲.۱.۴**

1. Number of BP lookups: 24114369
2. Number of conditional branches predicted: 20413337
3. Number of conditional branches incorrect: 525586
4. Number of BTB lookups: 12238326
5. Number of BTB hits: 9725415
6. Number of branch fetches per cycle: -
7. Number of branches that were predicted taken incorrectly: -
8. Number of branches that were predicted not taken incorrectly: -
9. Number of branches executed: -
10. The number of times a branch was mis-predicted: -
11. Number of branches committed: -

برای این مدل از درون فایل stats چک کنیم، می بینیم که در مقایسه با بقیه مدل ها کمترین مقدار است و مقدار آن ۰/۰۰۱۳۳۰ برحسب دقیقه است.

مقدار Num- of conditional branches predicted ber هرچقدر بیشتر باشد نشان دهنده افزایش تعداد پیش بینی های درست در Branch ها است که این مقدار برای برنامه streamcluster با مشخصات MinorCPU و TournamentBP بیشترین مقدار است.

به طور مشابه هرچقدر مقدار con- branches incorrect Number of ditional کم باشد شرایط بهتر است.

کاهش تعداد جست و جوها از جدول پیش بینی Branch نشان دهنده بهبود در عملکرد برنامه است. و of BTB hit Number افزایش تعداد موارد موفق در جستجوهای جدول پیش بینی Branch ها را نشان می دهد.

کاهش در Number of branch fetches per cycle نشان دهنده بهبود در استفاده از حافظه های جانبی و حافظه اصلی سیستم است.

کاهش مقدار were predicted not taken incorrectly Number of branches that پیش بینی Branch ها است.

برای Number of branches committed مقدار زیاد ممکن است نشان دهنده اجرای برنامه با تعداد زیاد Branch و پیچیدگی بالا باشد.

9. Number of branches executed: 140141

10. The number of times a branch was mis-predicted: 11929

11. Number of branches committed: 121075

مجموع تعداد Branch ها زمانی که predic- Branch=TournamentBP tor است و type CPU=DerivO۳CPU بیشترین تعداد است و این نشان دهنده آن است که این برنامه با این کانفیگ تعداد Branch های بیشتری را را ایجاد می کند.

طبق مورد شماره ۷ می توان گفت که برنج پریدیکشن Bi- ModeBP در مد DerivO۳CPU برنامه streamclus- ter را با کمترین میزان خطا در پیش بینی Branch هایی که قرار است Taken شود انجام داده است.

برای برنامه هایی که نوع CPU آنها MinorCPU بوده است، یک سری پارامترها در فایل stats مربوطه آنها وجود نداشت.

برای Number of BP lookups هرچقدر مقدار کمتری باشد نشان دهنده بهبود عملکرد و کاهش در زمان اجرای برنامه است. که این مورد به وضوح در مورد برنامه stream-cluster با مشخصات DerivO۳CPU و TournamentBP مشخص است. و اگر مقدار زمان شبیه سازی را