



به نام خدا



دانشگاه تهران

پردیس دانشکده‌های فنی

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر

طراحی سیستم‌های نهفته مبتنی بر هسته

تکلیف کامپیوتری ۳

محمد تقی زاده گیوری

۸۱۰۱۹۸۳۷۳

۱۴۰۲ بهار

۱ گام

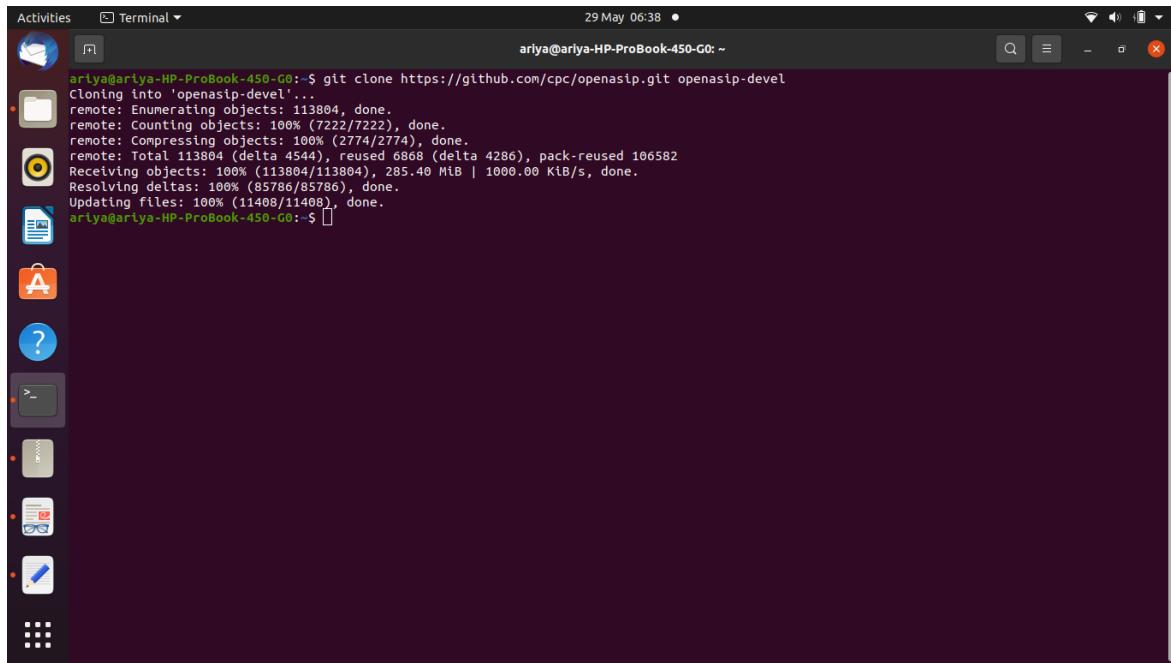
نصب پیش نیاز های مورد نیاز:

```
ariya@ariya-HP-ProBook-450-G0:~$ sudo apt-get install libwxgtk3.0-gtk3-dev libboost-all-dev \
> tcl8.6-dev libedit-dev libsqlite3-dev sqlite3 libxerces-c-dev g++ make \
> latex2html libffl-dev autoconf automake libtool subversion git cmake graphviz
Reading package lists... Done
Building dependency tree
Reading state information... Done
autoconf is already the newest version (2.69-11.1).
autoconf set to manually installed.
automake is already the newest version (1:1.16.1-4ubuntu6).
automake set to manually installed.
g++ is already the newest version (4:9.3.0-1ubuntu2).
g++ set to manually installed.
libtool is already the newest version (2.4.6-14).
libtool set to manually installed.
make is already the newest version (4.2.1-1.2).
make set to manually installed.
libboost-all-dev is already the newest version (1.71.0-0ubuntu2).
git is already the newest version (1:2.25.1-1ubuntu3.11).
The following packages were automatically installed and are no longer required:
  chromium-codecs-ffmpeg-extra gstreamer1.0-vaapi libcaf-openmpi-3 libgfortran-9-dev libgstreamer-plugins-bad1.0-0 libva-wayland2
Use 'sudo apt autoremove' to remove them.
The following additional packages will be installed:
  cmake-data dvipng dvipsq fonts-lmodern fonts-texgyre javascript-common libann0 libapache-pom-java libapr1 libaprutil1
  libbsd-dev libcdt5 libgraph6 libcommons-logging-java libcommons-parent-java libegl-dev libfontbox-java libgl-dev libgl1-mesa-dev
  libgles-dev libgles1 libglu1-mesa-dev libglvnd-dev libglib-0.7-5 libgbts-bin libgvc6 libgvpr2 libjs-jquery libjsoncpp1
  liblab-gamut libncurses-dev libnetpbm10 libopengl-dev libpathplan4 libpdfbox-java libptexenc1 libpthread-stubs0-dev librhash0 libruby2.7
  libwxgtk3.0-gtk3-0v5 libx11-dev libxau-dev libxcb1-dev libxdmcp-dev libxerces-c3.2 libzipp0-0.13 lmodern netpbm perl-doc
  preview-latex-style ruby ruby-minitest ruby-net-telnet ruby-power-assert ruby-test-unit ruby-xmllrpc ruby2.7 rubygems-integration
  t1utils tcl tcl8.6 tex-common tex-gyre texlive-base texlive-binaries texlive-fonts-recommended texlive-latex-base texlive-latex-extra
  texlive-latex-recommended texlive-pictures texlive-plain-generic tipa tk tk8.6 wx-common wx3.0-headers x11proto-core-dev x11proto-dev
  xorg-sgml-doctools xtrans-dev
Suggested packages:
  cmake-doc ninja-build gsfonts graphviz-doc apache2 | lighttpd | httpd libavalon-framework-java libcommons-logging-java-doc
  libexecutables-logkit-java liblog4j1.2-java ncurses-doc sqlite3-doc wx3.0-doc gettext libx11-doc libxcb-doc libxerces-c-doc ri ruby-dev
  bundler db5.3-util libapache2-mod-svn subversion-tools tcl-tclreadline tcl8.6-doc debhelper perl-tk xzdec texlive-fonts-recommended-doc
  texlive-latex-base-doc python3-pymgments icc-profiles libfile-which-perl libspreadsheets-parseexcel-perl texlive-latex-extra-doc
  texlive-latex-recommended-doc texlive-luatex texlive-pstricks dot2tex prerex ruby-tcltk | libtcltk-ruby texlive-pictures-doc vprerex
  default-jdk default-jdk-headless
```

```
ariya@ariya-HP-ProBook-450-G0:~$ sudo apt-get install tk8.6
Setting up tk8.6 (8.6.10-1) ...
Setting up subversion (1.13.0-3ubuntu0.2) ...
Setting up texlive-latex-extra (2019.202000218-1) ...
Setting up tt (8.6.9+1) ...
Setting up latex2html (2019.2-debian1-1) ...
Setting up ruby2.7 (2.7.0-5ubuntu1.10) ...
Setting up ruby (1:2.7+1) ...
Setting up rake (13.0.1-4) ...
Setting up libruby2.7:amd64 (2.7.0-5ubuntu1.10) ...
Processing triggers for man-db (2.9.1-1) ...
Processing triggers for sgml-base (1.29.1) ...
Processing triggers for install-info (6.7.0.dfsg.2-5) ...
Setting up x11proto-dev (2019.2-1ubuntu1) ...
Processing triggers for fontconfig (2.13.1-2ubuntu3) ...
Processing triggers for desktop-file-utils (0.24-1ubuntu3) ...
Processing triggers for mime-support (3.64ubuntu1) ...
Setting up libxau-dev:amd64 (1:1.0.9-0ubuntu1) ...
Processing triggers for gnome-menu (3.36.0-1ubuntu1) ...
Processing triggers for libc-bin (2.31-0ubuntu9.9) ...
Setting up libxdmcp-dev:amd64 (1:1.1.3-0ubuntu1) ...
Setting up x11proto-core-dev (2019.2-1ubuntu1) ...
Setting up libxcb1-dev:amd64 (1.14-2) ...
Setting up libxi-dev:amd64 (2:1.6.9-2ubuntu1.2) ...
Setting up libglx-dev:amd64 (1.3.2-1-ubuntu0.20.04.2) ...
Setting up libgl-dev:amd64 (1.3.2-1-ubuntu0.20.04.2) ...
Setting up libegl-dev:amd64 (1.3.2-1-ubuntu0.20.04.2) ...
Setting up libglui-mesa-dev:amd64 (9.0.0-1build1) ...
Setting up libgles-dev:amd64 (1.3.2-1-ubuntu0.20.04.2) ...
Setting up libwxgtk3.0-gtk3-dev:amd64 (3.0.4+dfsg-15build1) ...
update-alternatives: using /usr/lib/x86_64-linux-gnu/wx/config/gtk3-unicode-3.0 to provide /usr/bin/wx-config (wx-config) in auto mode
Setting up libglvnd-mesa-dev:amd64 (21.2.6-0ubuntu0.1-20.04.2) ...
Processing triggers for tex-common (6.13) ...
Running update-map-sys. This may take some time... done.
Running mktexlsr /var/lib/texmf ... done.
Building format(s) --all.
This may take some time... done.
ariya@ariya-HP-ProBook-450-G0:~$
```

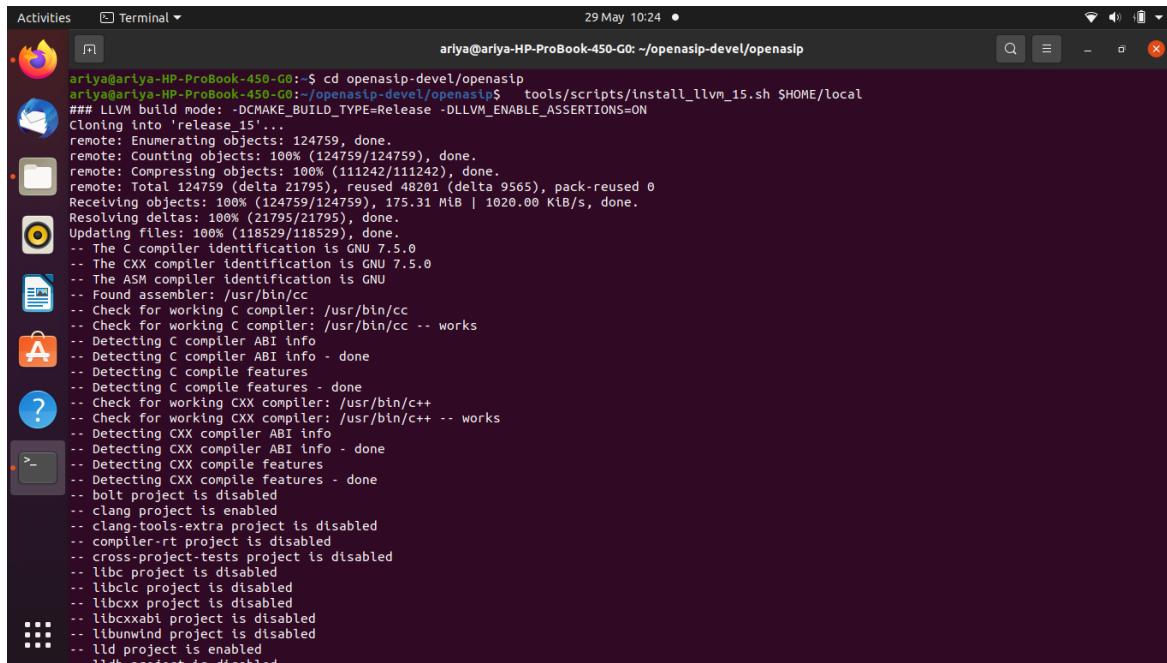
همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، پیش نیاز های مورد نیاز، با موفقیت نصب شده است.

openASIP کردن Clone

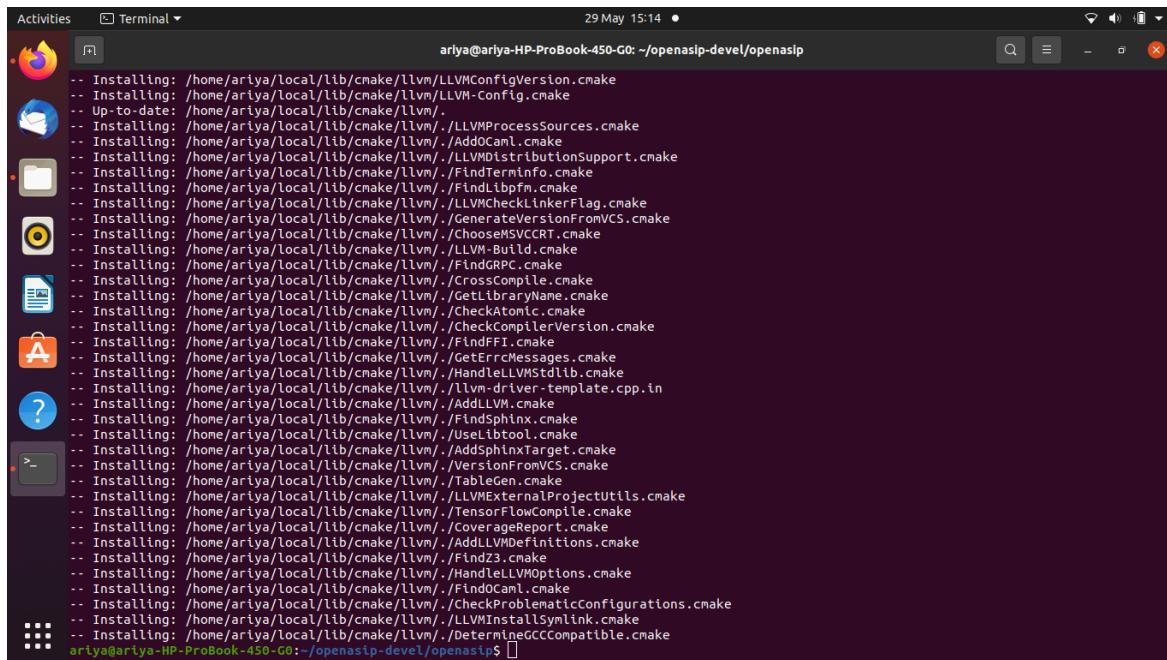


```
Activities Terminal 29 May 06:38 arya@arya-HP-ProBook-450-G0: ~
arya@arya-HP-ProBook-450-G0:~$ git clone https://github.com/cpc/openasip.git openasip-devel
Cloning into 'openasip-devel'...
remote: Enumerating objects: 113804, done.
remote: Counting objects: 100% (7222/7222), done.
remote: Compressing objects: 100% (2774/2774), done.
remote: Total 113804 (delta 4544), reused 6868 (delta 4286), pack-reused 106582
Receiving objects: 100% (113804/113804), 285.40 MiB | 1000.00 KiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (85786/85786), done.
Updating files: 100% (11408/11408), done.
```

نصب LLVM



```
ariya@ariya-HP-ProBook-450-G0:~/openasip-devel/openasip$ tools/scripts/install_llvm_15.sh $HOME/local
### LLVM build mode: -DCMAKE_BUILD_TYPE=Release -DLLVM_ENABLE_ASSERTIONS=ON
Cloning into 'release_15'...
remote: Enumerating objects: 124759, done.
remote: Counting objects: 100% (124759/124759), done.
remote: Compressing objects: 100% (111242/111242), done.
remote: Total 124759 (delta 21795), reused 48201 (delta 9565), pack-reused 0
Receiving objects: 100% (124759/124759), 175.31 MiB | 1020.00 KiB/s, done.
Resolving deltas: 100% (21795/21795), done.
Updating files: 100% (118529/118529), done.
-- The C compiler identification is GNU 7.5.0
-- The CXX compiler identification is GNU 7.5.0
-- The ASM compiler identification is GNU
-- Found assembler: /usr/bin/cc
-- Check for working C compiler: /usr/bin/cc -- works
-- Detecting C compiler ABI info
-- Detecting C compiler ABI info - done
-- Detecting C compile features
-- Detecting C compile features - done
-- Check for working CXX compiler: /usr/bin/c++
-- Check for working CXX compiler: /usr/bin/c++ -- works
-- Detecting CXX compiler ABI info
-- Detecting CXX compiler ABI info - done
-- Detecting CXX compile features
-- Detecting CXX compile features - done
-- bolt project is disabled
-- clang project is enabled
-- clang-tools-extra project is disabled
-- compiler-rt project is disabled
-- cross-project-tests project is disabled
-- libc project is disabled
-- libclc project is disabled
-- libcxx project is disabled
-- libcxxabi project is disabled
-- libunwind project is disabled
-- lld project is enabled
-- libomp project is disabled
```



```
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm/LLVMConfigVersion.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm/LLVM-Config.cmake
-- Up-to-date: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm/
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//LLVMProcessSources.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//AddCAML.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//LLVMDistributionSupport.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//FindTerminfo.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//FindLibFm.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//LLVMCheckLinkerFlag.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//GenerateVersionFromVCS.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//ChooseMSVCCRT.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//LLVM-Build.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//FindGRPC.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//CrossCompile.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//GetLibraryName.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//CheckAtomic.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//FindFFI.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//GetErrcMessages.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//HandleLLVMStdlib.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//llvm-driver-template.cpp.in
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//AddLVM.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//FindSphinx.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//UseLibtool.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//AddSphinxTarget.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//VersionFromVCS.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//TableGen.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//LLVMExternalProjectUtils.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//TensorFlowCompile.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//AddLVMDefinitions.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//FindZ3.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//HandleLLVMOptions.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//FindOCaml.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//CheckProblematicConfigurations.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//LLVMInstallSymlink.cmake
-- Installing: /home/ariya/local/lib/cmake/llvm//DetermineGCCCompatible.cmake
ariya@ariya-HP-ProBook-450-G0:~/openasip-devel/openasip$
```

همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، LLVM با موفقیت نصب شده است.

: .bashrc کردن متغیر های محیطی (environment variables) در فایل export

```
ariya@ariya-HP-ProBook-450-G0: ~/openasip-devel/openasip
```

```
GNU nano 4.8
```

```
# some more ls aliases
alias ll='ls -alF'
alias la='ls -A'
alias l='ls -CF'

# Add an "alert" alias for long running commands. Use like so:
# sleep 10; alert
alias alert='notify-send --urgency=low -i "$( [ $? = 0 ] && echo terminal || echo error)" "$(history|tail -n1|sed -e '\''$'\''\s*\[0-9]\+\s*/;\:z'"

# Alias definitions.
# You may want to put all your additions into a separate file like
# ~/.bash_aliases, instead of adding them here directly.
# See /usr/share/doc/bash-doc/examples in the bash-doc package.

if [ -f ./bash_aliases ]; then
    . ./bash_aliases
fi

# enable programmable completion features (you don't need to enable
# this, if it's already enabled in /etc/bash.bashrc and /etc/profile
# sources /etc/bash.bashrc).
if ! shopt -q posix; then
    if [ -f /usr/share/bash-completion/bash_completion ]; then
        . /usr/share/bash-completion/bash_completion
    elif [ -f /etc/bash_completion ]; then
        . /etc/bash_completion
    fi
fi

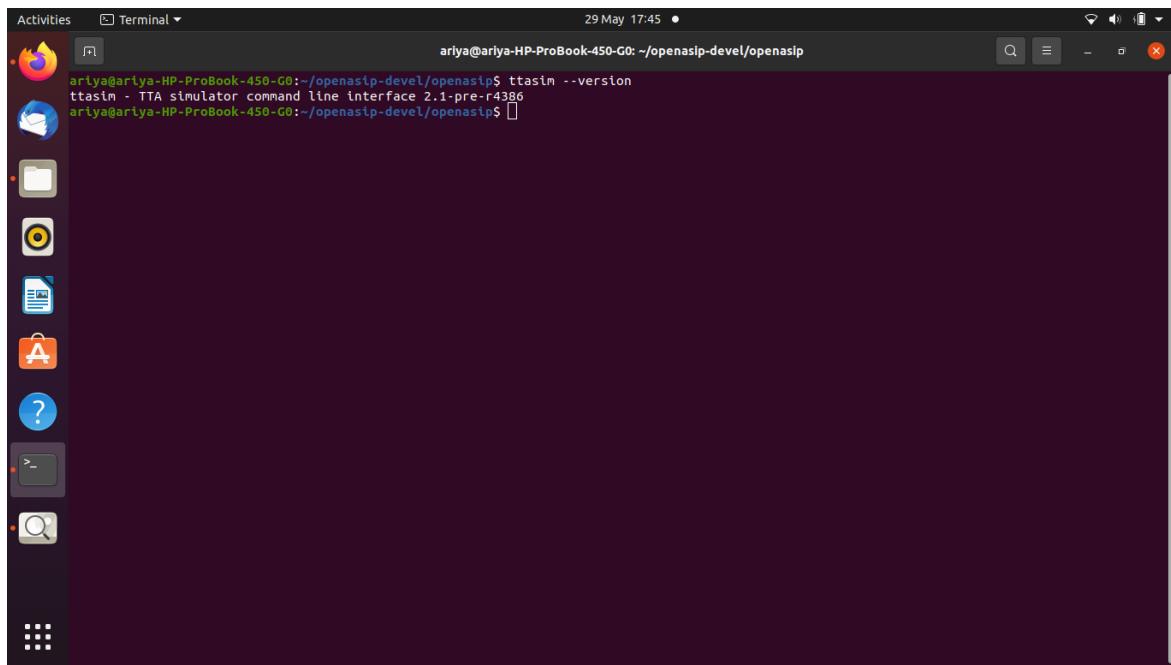
export LD_LIBRARY_PATH=$LD_LIBRARY_PATH:$HOME/local/lib
export PATH=$HOME/local/bin:$PATH
export LDFLAGS=-L$HOME/local/lib
```

اتمام عملیات نصب :openASIP

```
Activities Terminal 29 May 17:42 •
ariya@ariya-HP-ProBook-450-G0: ~/openasip-devel/openasip
else true; fi ; \
done ; \
for i in /home/ariya/openasip-devel/openasip/newlib-1.17.0/newlib/libc/sys/tce/machine/tce/include/*.h; do \
    if [ -f $i ]; then \
        /usr/bin/install -c -m 644 $i /home/ariya/local/tce64-llvm/include/machine/'basename $i'; \
    else true; fi ; \
done ; \
else true; fi
mkdir -p -- "/home/ariya/local/tce64-llvm/include"
mkdir -p -- "/home/ariya/local/tce64-llvm/include/machine"
mkdir -p -- "/home/ariya/local/tce64-llvm/include/sys"
mkdir -p -- "/home/ariya/local/tce64-llvm/include/bits"
test -z "/home/ariya/local/tce64-llvm/lib" || mkdir -p -- "/home/ariya/local/tce64-llvm/lib"
/usr/bin/install -c -m 644 crt0.o '/home/ariya/local/tce64-llvm/lib/crt0.o'
test -z "/home/ariya/local/tce64-llvm/lib" || mkdir -p -- "/home/ariya/local/tce64-llvm/lib"
make[5]: Leaving directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip/newlib-1.17.0/tce64-llvm/tce64-llvm/newlib'
make[4]: Leaving directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip/newlib-1.17.0/tce64-llvm/tce64-llvm/newlib'
make[3]: Leaving directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip/newlib-1.17.0/tce64-llvm/tce64-llvm/newlib'
make[2]: Leaving directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip/newlib-1.17.0/tce64-llvm'
make[1]: Leaving directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip/newlib-1.17.0/tce64-llvm'
make[1]: Entering directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip'
ln -sf ./openasip-config ./tce-config
cd src/bintools/compiler; ln -sf oacc tcecc
cd scripts; ln -sf oa-selftest tce-selftest
make[2]: Entering directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip'
/usr/bin/mkdir -p '/home/ariya/local/bin'
/usr/bin/install -c openasip-config '/home/ariya/local/bin'
make install-exec-hook
make[3]: Entering directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip'
cd /home/ariya/local/bin; ln -sf openasip-config tce-config
cd /home/ariya/local/bin; ln -sf oacc tcecc
cd /home/ariya/local/bin; ln -sf oa-selftest tce-selftest
make[3]: Leaving directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip'
/usr/bin/mkdir -p '/home/ariya/local/include'
/usr/bin/install -c -m 644 tce_config.h '/home/ariya/local/include'
make[2]: Leaving directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip'
make[1]: Leaving directory '/home/ariya/openasip-devel/openasip'
ariya@ariya-HP-ProBook-450-G0:~/openasip-devel/openasip$
```

همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، نصب openASIP، با موفقیت خاتمه یافته است.

بررسی صحت نصب openASIP

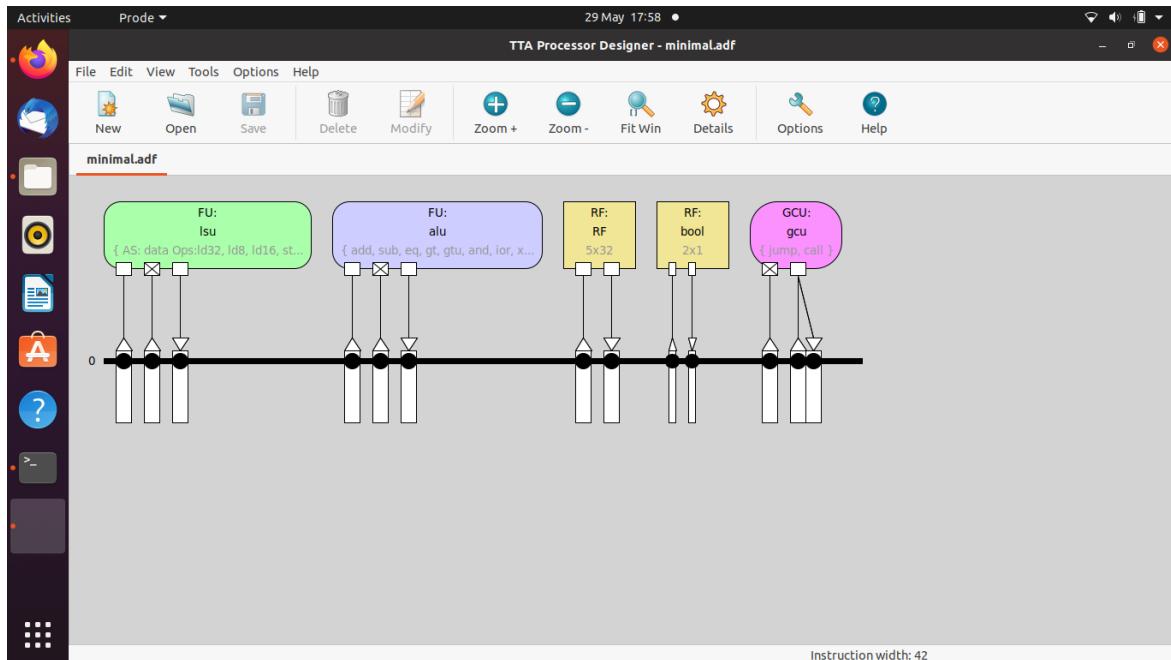


A screenshot of a Linux desktop environment showing a terminal window. The terminal window title is "Terminal" and the date and time are "29 May 17:45". The terminal content shows the command "ttasim --version" being run, with the output "ttasim - TTA simulator command line interface 2.1-pre-r4386". The terminal window has a dark background and light-colored text. The desktop interface includes a dock on the left with various icons for applications like a browser, file manager, and system tools.

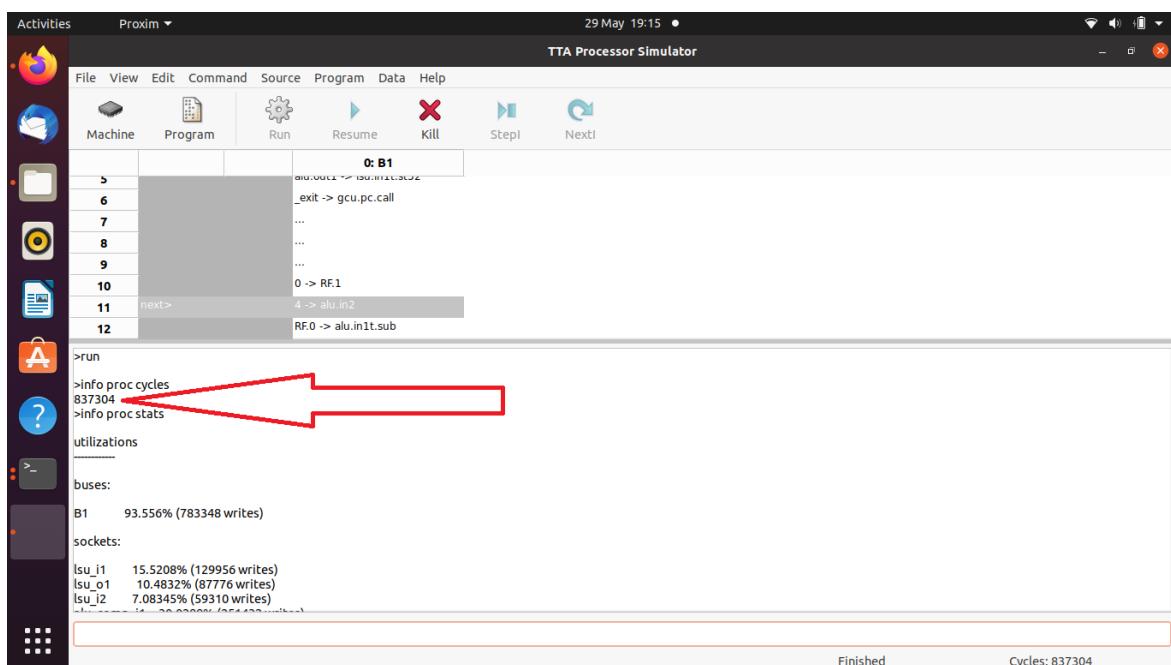
همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، openASIP با موفقیت نصب شده است.

گام ۲

سیستم اولیهٔ مینیمالی که در اختیار داریم: (موجود در فایل minimal.adf)



:minimal.adf info proc cycles برای سیستم خروجی دستور



باقی مانده به تصویر فوق، 837304 سیکل طول می کشد تا minimal.adf اجرا شود.

خروجی دستور info proc stats برای سیستم :minimal.adf (وضعیت bus ها)

The screenshot shows the TTA Processor Simulator interface. The main window displays a memory dump with address 0:B1. Below the dump, the terminal window shows the following output:

```
>run  
>info proc cycles  
837304  
>info proc stats  
utilizations  
---  
buses:  
B1 93.556% (783348 writes)  
sockets:  
lsu_i1 15.5208% (129956 writes)  
lsu_o1 10.4832% (87776 writes)  
lsu_i2 7.08345% (59310 writes)
```

A red arrow points from the text "خروجی دستور info proc stats برای سیستم :minimal.adf (وضعیت bus ها)" to the line "utilizations". A red box highlights the "buses" section, specifically the entry for bus B1.

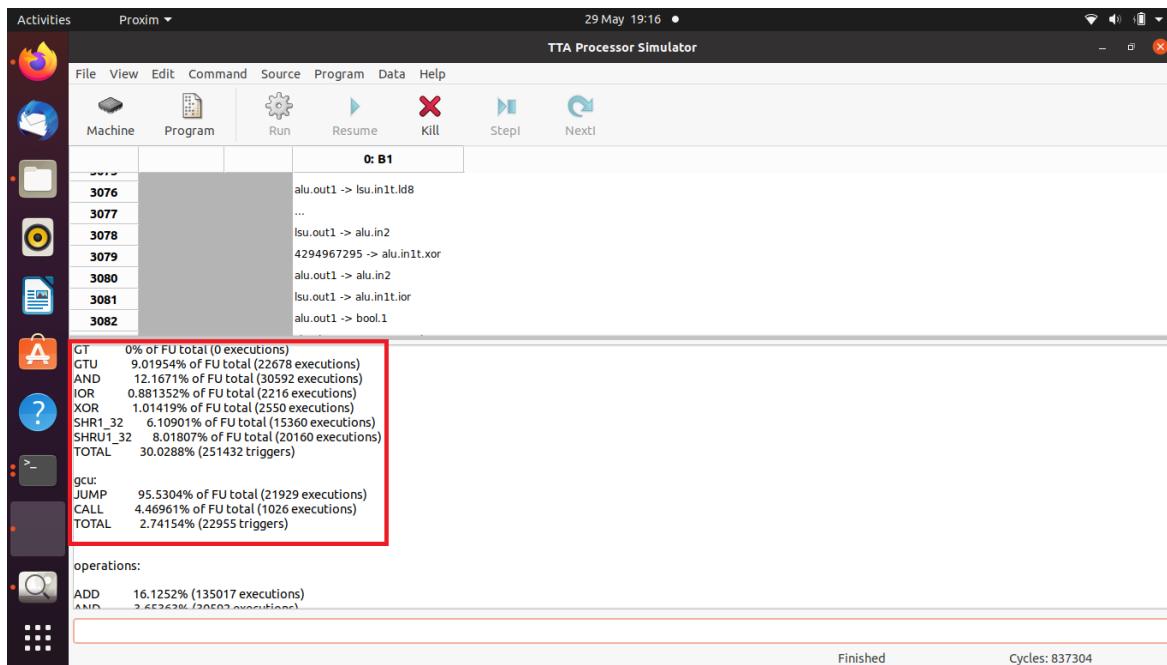
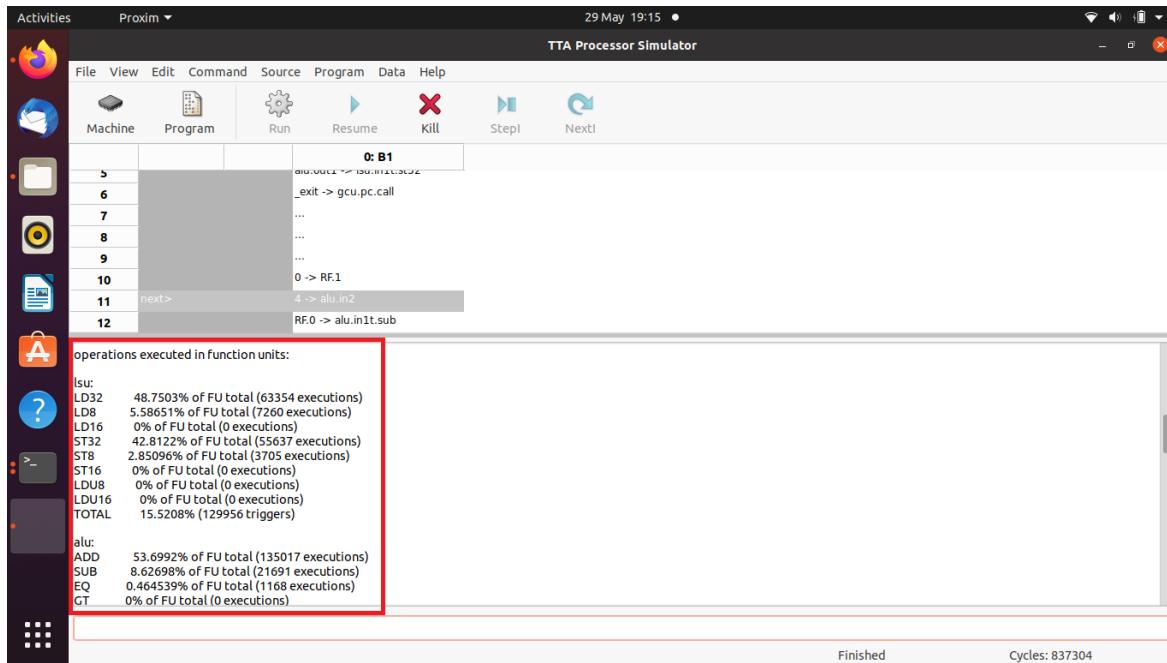
خروجی دستور info proc stats برای سیستم :minimal.adf (وضعیت socket ها)

The screenshot shows the TTA Processor Simulator interface. The main window displays a memory dump with address 0:B1. Below the dump, the terminal window shows the following output:

```
>run  
>info proc cycles  
837304  
>info proc stats  
sockets:  
lsu_i1 15.5208% (129956 writes)  
lsu_o1 10.4832% (87776 writes)  
lsu_i2 7.08345% (59310 writes)  
alu_comp_i1 30.0288% (351432 writes)  
alu_comp_i2 22.107% (185103 writes)  
alu_comp_o1 30.5022% (255396 writes)  
RF_i1 12.6137% (105615 writes)  
RF_o1 29.8164% (249654 writes)  
bool_i1 3.46063% (28976 writes)  
bool_o1 0.360323% (3017 writes)  
gcu_i1 2.74154% (22955 writes)  
gcu_i2 0.000119431% (1 writes)  
gcu_o1 0.122656% (1027 writes)
```

A red box highlights the "sockets" section, listing various components and their utilization percentages. The text "operations executed in function units:" is visible at the bottom of the terminal window.

خروجی دستور info proc stats برای سیستم minimal.adf که در هر FU اجرا شده است



خروجی دستور info proc stats برای سیستم :minimal.adf (وضعیت operations)

```

operations:
ADD      16.1252% (135017 executions)
AND      3.65363% (30592 executions)
CALL     0.122536% (1026 executions)
EQ       0.139495% (1168 executions)
GT       0% (0 executions)
GTU     2.70845% (22678 executions)
JUMP    0.264659% (2216 executions)
LD16    0% (0 executions)
LD32    7.56643% (63354 executions)
LD8     0.867069% (7260 executions)
LDU16   0% (0 executions)
LDU8    0% (0 executions)
SHR1_32 1.83446% (15360 executions)
SHRU1_32 2.40773% (20160 executions)

```

Finished Cycles: 837304

```

operations:
SHR1_32 1.83446% (15360 executions)
SHRU1_32 2.40773% (20160 executions)
ST16    0% (0 executions)
ST32    6.64478% (55637 executions)
ST8     0.442492% (3705 executions)
SUB    2.59058% (21691 executions)
XOR    0.304549% (2550 executions)

FU port guard accesses:
register accesses:
RF:
0: 98508 reads, 0 guard reads, 2052 writes
1: 47936 reads, 0 guard reads, 17345 writes
2: 54240 reads, 0 guard reads, 38361 writes
3: 22462 reads, 0 guard reads, 22462 writes
4: 26508 reads, 0 guard reads, 25395 writes

```

Finished Cycles: 837304

خروجی دستور (read/write register access) برای سیستم info proc stats و تعداد register access) :minimal.adf

TTA Processor Simulator
29 May 19:17

File View Edit Command Source Program Data Help

Machine Program Run Resume Kill Step Next

0: B1

3076 alu.out1 -> lsu.in1t.ld8
...
lsu.out1 -> alu.in2
4294967295 -> alu.in1t.xor
alu.out1 -> alu.in2
lsu.out1 -> alu.in1t.or
alu.out1 -> bool.1

register accesses:

RF:
0 98508 reads, 0 guard reads, 2052 writes
1 47936 reads, 0 guard reads, 17345 writes
2 54240 reads, 0 guard reads, 38361 writes
3 22462 reads, 0 guard reads, 22462 writes
4 26508 reads, 0 guard reads, 25395 writes
TOTAL 249654 reads, 0 guard reads, 105615 writes
TOTAL 5 registers used

bool:
0 1774 reads, 21084 guard reads, 25741 writes
1 1243 reads, 5143 guard reads, 3235 writes
TOTAL 3017 reads, 26227 guard reads, 28976 writes
TOTAL 2 registers used

Finished Cycles: 837304

پر تکرار ترین دستورات:

TTA Processor Simulator
29 May 19:22

File View Edit Command Source Program Data Help

Machine Program Run Resume Kill Step Next

0: B1

3076 Top Execution Counts

Exec Count	Address range
15296	8554 - 8562
1024	8590 - 8598
1024	8584 - 8586
1024	8537 - 8553
64	8496 - 8507
64	8470 - 8481
64	8452 - 8461
64	8403 - 8412
64	8375 - 8390
64	8342 - 8364
64	8241 - 8250
64	8159 - 8209
64	8118 - 8142
64	8056 - 8105
64	7882 - 7926
64	7833 - 7869
64	7773 - 7820
64	7660 - 7670
64	7582 - 7635

register accesses:

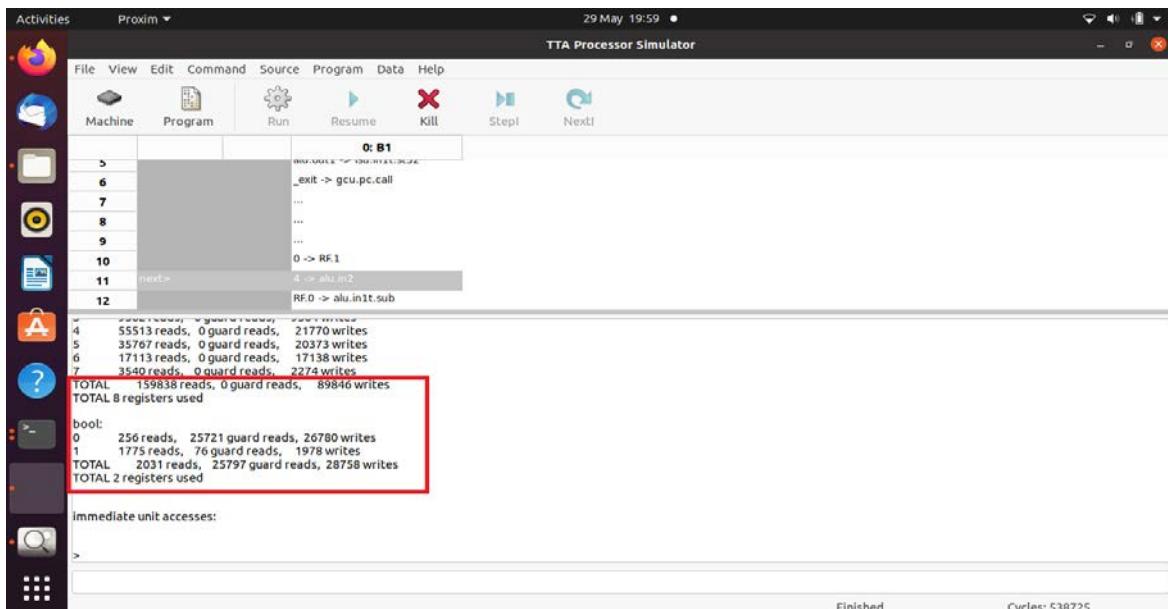
RF:
0 98508 reads, 0 guard reads, 2052 writes
1 47936 reads, 0 guard reads, 17345 writes
2 54240 reads, 0 guard reads, 38361 writes
3 22462 reads, 0 guard reads, 22462 writes
4 26508 reads, 0 guard reads, 25395 writes
TOTAL 249654 reads, 0 guard reads, 105615 writes
TOTAL 5 registers used

bool:
0 1774 reads, 21084 guard reads, 25741 writes
1 1243 reads, 5143 guard reads, 3235 writes
TOTAL 3017 reads, 26227 guard reads, 28976 writes
TOTAL 2 registers used

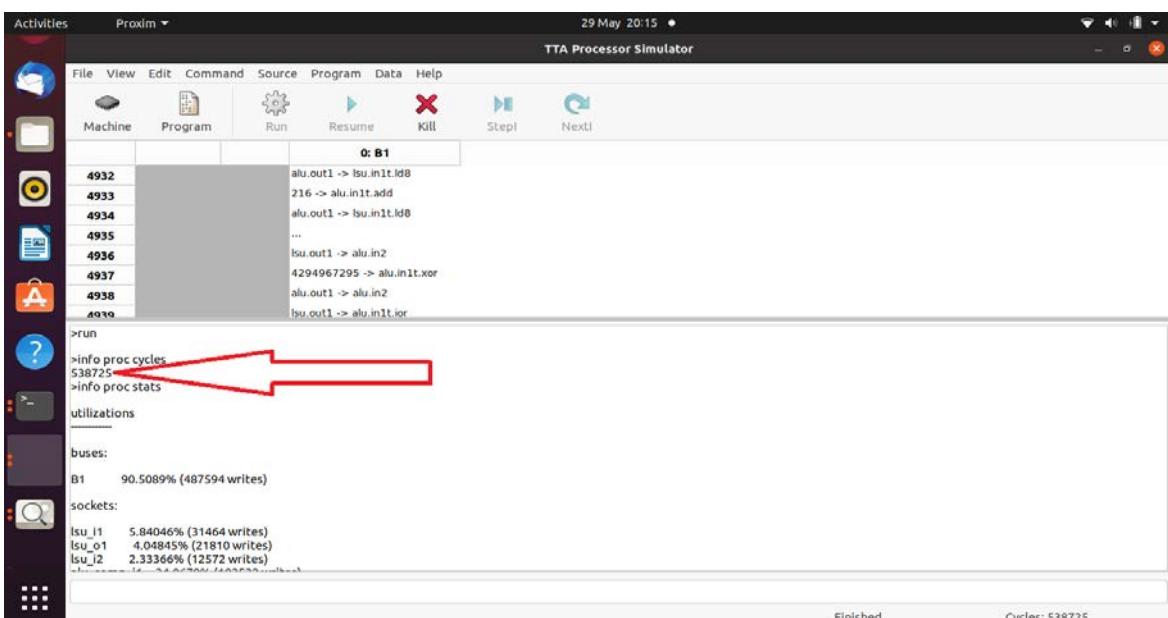
Finished Cycles: 837304

باتوجه به تصویر فوق، دستورات بین آدرس های 8554 – 8582 بیشتر از بقیه دستورات اجرا شده اند.

بررسی و مقایسه سیستم جدید: (موجود در فایل added_registers.adf)

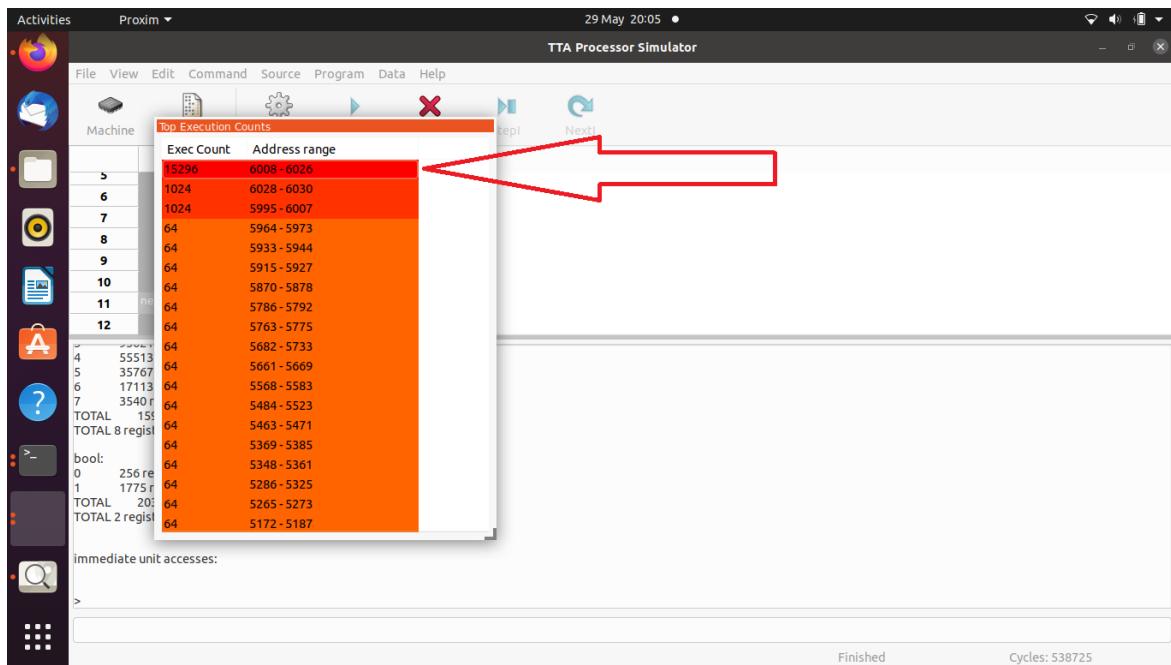


باتوجه به تصویر فوق، با افزایش تعداد port های RF و افزایش سایز RF از 5 به 8، دیگر میتوان در هر سیکل بیش از یک داده از RF خواند، درنتیجه چون تعداد read کردن ها، مقداری ثابت و مشخص است و با افزایش تعداد port ها، تعداد بیشتری داده میتوان در هر سیکل خواند، تعداد درخواست برای read کردن از RF (همان طور که در تصویر فوق مشاهده می شود)، از 3017 به 2031 کاهش می یابد.



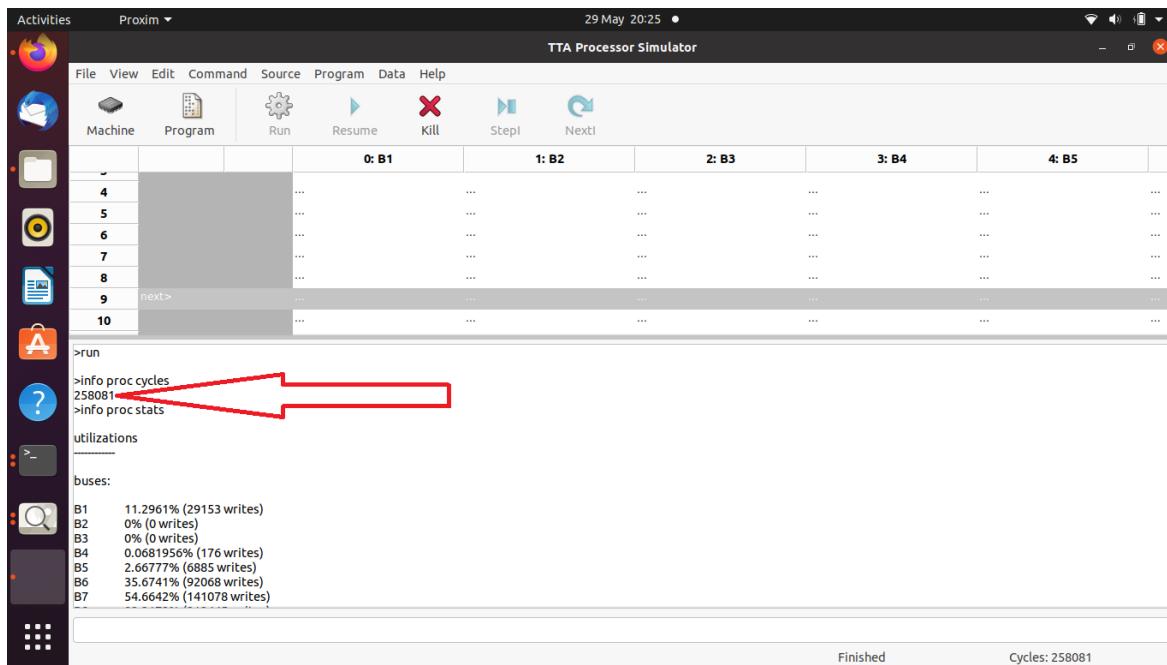
درنتیجه چون تعداد درخواست برای read کردن از RF کاهش یافته و در هر سیکل یک درخواست read میتوان داشت، تعداد سیکل مورد نیاز برای اجرا دستورات نیز از 837304 به 538725 کاهش می یابد.

پر تکرار ترین دستورات در added_registers.adf

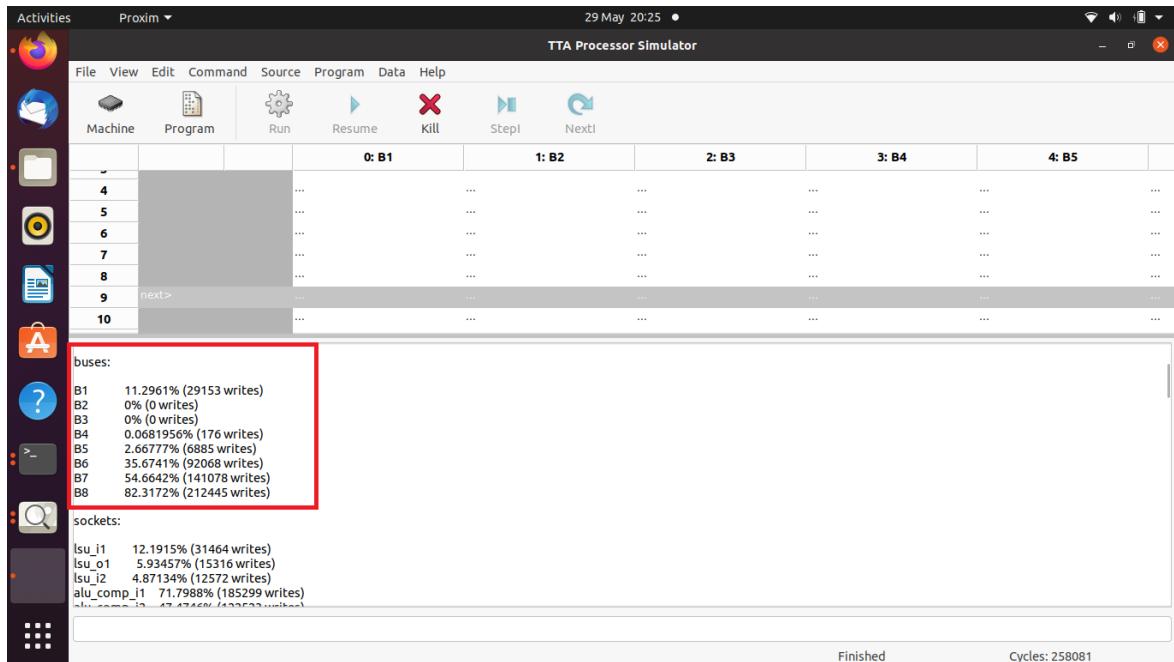


باتوجه به تصویر فوق، دستورات بین آدرس های 6008 – 6026 بیش تر از بقیه دستورات اجرا شده اند.

بررسی و مقایسه سیستم جدید: (موجود در فایل multiple_bus.adf)



در حالتی که فقط یک bus وجود داشت، در هر سیکل فقط دو component می توانستند با یکدیگر تبادل اطلاعات داشته باشند، اما با افزایش تعداد bus ها، دیگر در هر سیکل، چندین component می توانند به صورت موازی با یکدیگر تبادل اطلاعات داشته باشند. درنتیجه چون در این حالت چندین bus داریم، عملیات مربوط به دستور ها می تواند به صورت موازی صورت گیرد. پس با موازی اجرا شدن برخی دستورات، سرعت اجرا افزایش یافته و درنتیجه (همان طور که در تصویر فوق مشاهده می شود)، تعداد سیکل مورد نیاز برای اجرا دستورات نیز از 837304 به 258081 کاهش می یابد.



بازدید از تصویر فوق، bus های B2 و B3 هیچ وقت مورد استفاده قرار نگرفته و از آن ها استفاده نشده است. B4 هم فقط در 0.06 درصد موقع استفاده شده است که نسبت به بقیه bus ها خیلی کم تر مورد استفاده قرار گرفته و عملاً به ندرت از آن استفاده شده است. درنتیجه واقعاً به bus ۸ نیاز نیست و با حذف bus های B2، B3 و B4 میتوان به نتایج مشابه دست یافت. درنتیجه bus ۵ برای بهبود کار ما کافیست.

```

Activities Proxim • 29 May 20:40 •
TTA Processor Simulator
File View Edit Command Source Program Data Help
Machine Program Run Resume Kill Step1 Next1
0: B1 1: B5 2: B6 3: B7 4: B8
4 ... ...
5 ... ...
6 ... ...
7 ... ...
8 ... ...
9 next> ... ...
10 ... ...

>run
>info proc cycles
258089
>info proc stats
utilizations
buses:
B1 11.3546% (29305 writes)
B5 2.66768% (6885 writes)
B6 35.6757% (92075 writes)
B7 54.6629% (141079 writes)
B8 82.3177% (212453 writes)

```

Finished Cycles: 258089

همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، تعداد سیکل مورد نیاز برای اجرا دستورات برابر با 258089 است که تقریباً برابر با 258081 می باشد و عملاً با **bus 5** به همان نتایج قبلی می رسیم.

پر تکرار ترین دستورات در سیستم جدید: (موجود در فایل **multiple_bus.adf**)

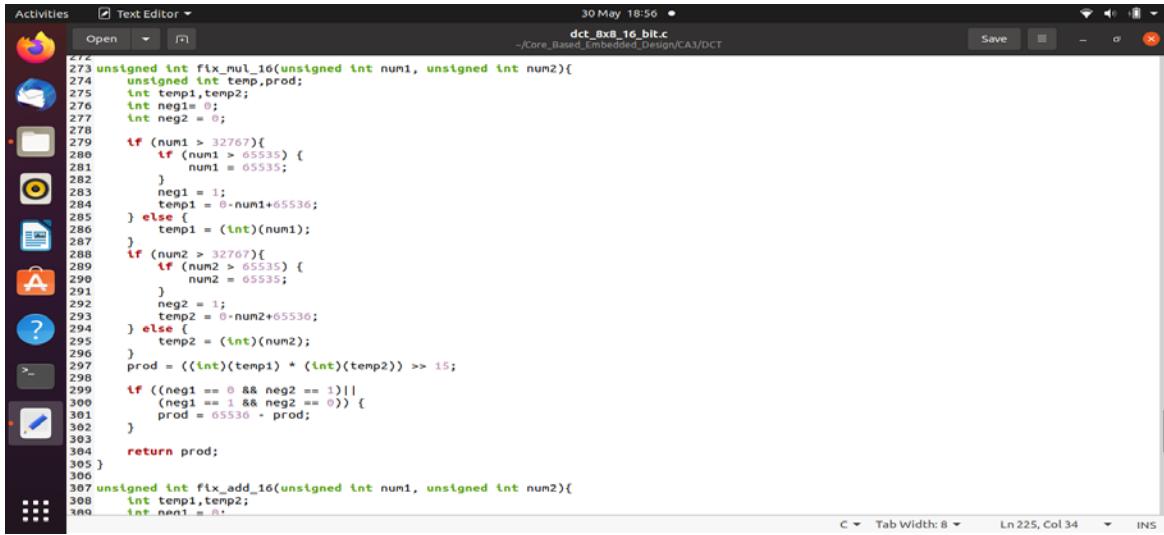
Top Execution Counts	
Exec Count	Address range
15296	3213 - 3220
1024	3222 - 3224
1024	3206 - 3212
64	3187 - 3192
64	3163 - 3171
64	3152 - 3157
64	3121 - 3125
64	3110 - 3113
64	3096 - 3103
64	3002 - 3035
64	2992 - 2995
64	2977 - 2984
64	2883 - 2905
64	2873 - 2876
64	2857 - 2865
64	2803 - 2811
64	2764 - 2786
64	2754 - 2757
64	2739 - 2746

Finished Cycles: 258089

باقیه به تصویر فوق، دستورات بین آدرس های 3213 – 3220 بیش تر از بقیه دستورات اجرا شده اند. که نوع این دستورات در تصویر فوق مشخص شده است.

گام ۳

تابع ضرب کننده: (fix_mul_16)



```
272 unsigned int fix_mul_16(unsigned int num1, unsigned int num2){  
273     unsigned int temp,prod;  
274     int temp1,temp2;  
275     int neg1= 0;  
276     int neg2 = 0;  
277  
278     if (num1 > 32767){  
279         if (num1 > 65535) {  
280             num1 = 65535;  
281         }  
282         neg1 = 1;  
283         temp1 = 0-num1+65536;  
284     } else {  
285         temp1 = (int)(num1);  
286     }  
287     if (num2 > 32767){  
288         if (num2 > 65535) {  
289             num2 = 65535;  
290         }  
291         neg2 = 1;  
292         temp2 = 0-num2+65536;  
293     } else {  
294         temp2 = (int)(num2);  
295     }  
296     prod = ((int)(temp1) + (int)(temp2)) >> 15;  
297  
298     if ((neg1 == 0 && neg2 == 1)||  
299         (neg1 == 1 && neg2 == 0)){  
300         prod = 65536 - prod;  
301     }  
302     return prod;  
303 }  
304  
305 unsigned int fix_add_16(unsigned int num1, unsigned int num2){  
306     int temp1,temp2;  
307     int neg1 = 0;  
308 }
```

این تابع دو ورودی دریافت کرده و حاصل ضرب شان را خروجی می دهد.

این تابع طوری طراحی شده که با وجود اینکه نوع داده ها بدون علامت است، محاسبات علامت دار صورت گیرد. بنابراین ابتدا با فرض اینکه ورودی ها ۱۶ بیتی بوده و بیت آخر بیت علامت است، بررسی می کند اگر که آخرین بیت ۱ باشد (درنتیجه آن عدد منفی بوده و از $32768 = 2^{15}$ بیش تر است) neg که بیانگر منفی بودن ورودی است را ۱ می کند. سپس قدرمطلق ورودی که درواقع قرینه (2^s 's complement) ورودی است، محاسبه شده و در متغیر موقت temp ذخیره می شود. (اگر ورودی از 2^{16} بیش تر باشد، ورودی را برابر با 2^{16} می کنیم تا ورودی در محدوده ۱۶ بیتی باشد.)

همین کار برای دومین ورودی تکرار می شود.

در آخر دو ورودی با استفاده از عملگر $*$ ، در هم ضرب می شوند. (از جایی که یکی از این ورودی ها، خروجی تابع کسینوس است و کسینوس هم بین -1 تا 1 بوده و کوچک است، خروجی کسینوس را ۱۵ واحد به چپ شیفت می دهیم تا مقدار خروجی کسینوس در 2^{15} ضرب شده و به یک اندازه ای برسد که محسوس باشد و بتوان روی آن محاسبات انجام داد. درنتیجه برای اینکه خروجی درست داشته باشیم باید برای جبران این، خروجی ضرب کننده را تقسیم بر 2^{15} کنیم یعنی ۱۵ واحد به راست شیفت دهیم).

در آخر در صورتی که فقط یک از ورودی ها منفی بوده باشد (آن ۱ باشد) خروجی منفی (2^s 's complement) می شود.

تابع جمع کننده: (fix_add_16)

The screenshot shows a software interface with a code editor window. The title bar includes 'Activities', 'Text Editor', '30 May 18:56', and a save button. The code editor displays a C program titled 'dct_8x8_16.bit.c' located at '/Core_Based_EMBEDDED_Design/CA3/DCT'. The code implements a fix-point addition algorithm for 16-bit unsigned integers. It handles overflow by shifting the result left by 1 bit if either input is greater than 32767. The code then performs subtraction and addition based on the signs of the inputs to calculate the sum.

```
300
301 unsigned int fix_add_16(unsigned int num1, unsigned int num2){
302     int temp1,temp2;
303     int neg1 = 0;
304     int neg2 = 0;
305     unsigned int sum;
306
307     if (num1 > 32767){
308         if (num1 > 65535) {
309             num1 = 65535>>1;
310         }
311         neg1 = 1;
312         temp1 = (0-num1+65536)>>1;
313     } else {
314         temp1 = (int)(num1)>>1;
315     }
316     if (num2 > 32767){
317         if (num2 > 65535) {
318             num2 = 65535>>1;
319         }
320         neg2 = 1;
321         temp2 = (0-num2+65536)>>1;
322     } else {
323         temp2 = (int)(num2)>>1;
324     }
325
326     if (temp1 > temp2) {
327         if (neg1 == 1 && neg2 == 0){
328             sum = 65536-(temp1 - temp2);
329         } else if (neg1 == 0 && neg2 == 1) {
330             sum = temp1-temp2;
331         } else if (neg1 == 1 && neg2 == 1){
332             sum = 65536-(temp1+temp2);
333         } else {
334             sum = temp1+temp2;
335         }
336     } else {
337         if (neg2 == 1 && neg1 == 0){
```

این تابع دو ورودی دریافت کرده و حاصل جمع شان را خروجی می‌دهد.

این تابع طوری طراحی شده که با وجود اینکه نوع داده ها بدون علامت است، محاسبات علامت دار صورت گیرد. بنابراین ابتدا با فرض اینکه ورودی ها ۱۶ بیتی بوده و بیت آخر بیت علامت است، بررسی می کند اگر که آخرین بیت ۱ باشد (درنتیجه آن عدد منفی بوده و از $32768 = 2^{15}$ بیش تر است) neg که بیانگر منفی بودن ورودی است را ۱ می کند. سپس قدرمطلق ورودی که درواقع قرینه (s') را (complement) ورودی است، محاسبه شده و در متغیر موقت temp ذخیره می شود. (اگر ورودی از ۲^{۱۶} بیش تر باشد، ورودی را برابر با ۱۶ می کنیم تا ورودی در محدوده ۱۶ بیتی باشد).

همین کار برای دومین ورودی تکرار می شود.

```

if (temp1 > temp2) {
    if (neg1 == 1 && neg2 == 0){
        sum = 65536-(temp1 - temp2);
    } else if (neg1 == 0 && neg2 == 1) {
        sum = temp1-temp2;
    } else if (neg1 == 1 && neg2 == 1){
        sum = 65536-(temp1+temp2);
    } else {
        sum = temp1+temp2;
    }
} else {
    if (neg2 == 1 && neg1 == 0){
        sum = 65536-(temp2 - temp1);
    } else if (neg2 == 0 && neg1 == 1) {
        sum = temp2-temp1;
    } else if (neg1 == 1 && neg2 == 1){
        sum = 65536-(temp1+temp2);
    } else {
        sum = temp1+temp2;
    }
}

```

در آخر پسته به منفی، مشتی پودن و رودی ها، دو ورودی با استفاده از عملگر $+$ ، یا هم جمع می شوند.

تابع کسینوس: (cos16



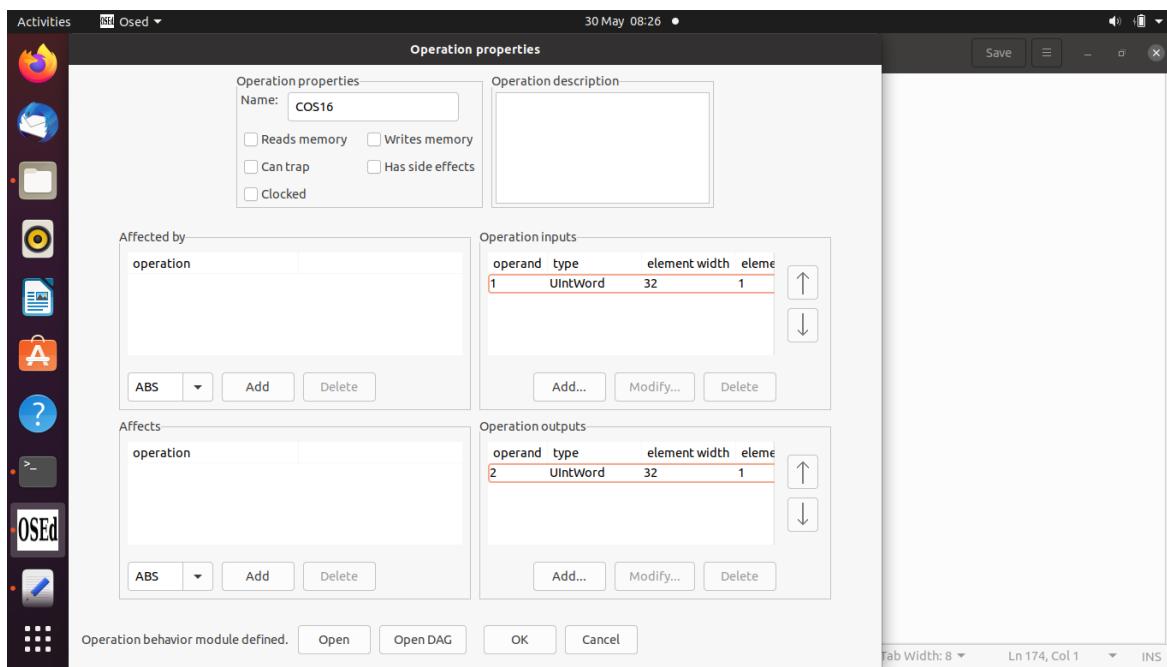
```
Activities Text Editor 30 May 18:56 dct_8x8_16_bit.c ~/Core_Based_EMBEDDED_Design/CA3/DCT Save - X
228 unsigned int cos16(int input) {
229     unsigned int cosine_values[] = {32138,
230                                     27246,
231                                     18205,
232                                     6393};
233
234     unsigned int remainder = 0;
235     int address = 0;
236     int inverse = 0;
237     unsigned int value = 0;
238     remainder = input - input/8;
239
240     if (remainder == 0) {
241         address = 0;
242     } else if (remainder == 3) {
243         address = 1;
244     } else if (remainder == 5) {
245         address = 2;
246     } else if (remainder == 7) {
247         address = 3;
248     } else {
249         address = 0;
250     }
251
252     if (input >= 0)
253         inverse = 1;
254
255     if (inverse == 1)
256         value = 65536-cosine_values[address];
257     else {
258         value = cosine_values[address];
259     }
260
261
262
263
264 /*#ifndef DEBUG_COS
```

این تابع یک ورودی دریافت کرده و کسینوس آن را خروجی می دهد.

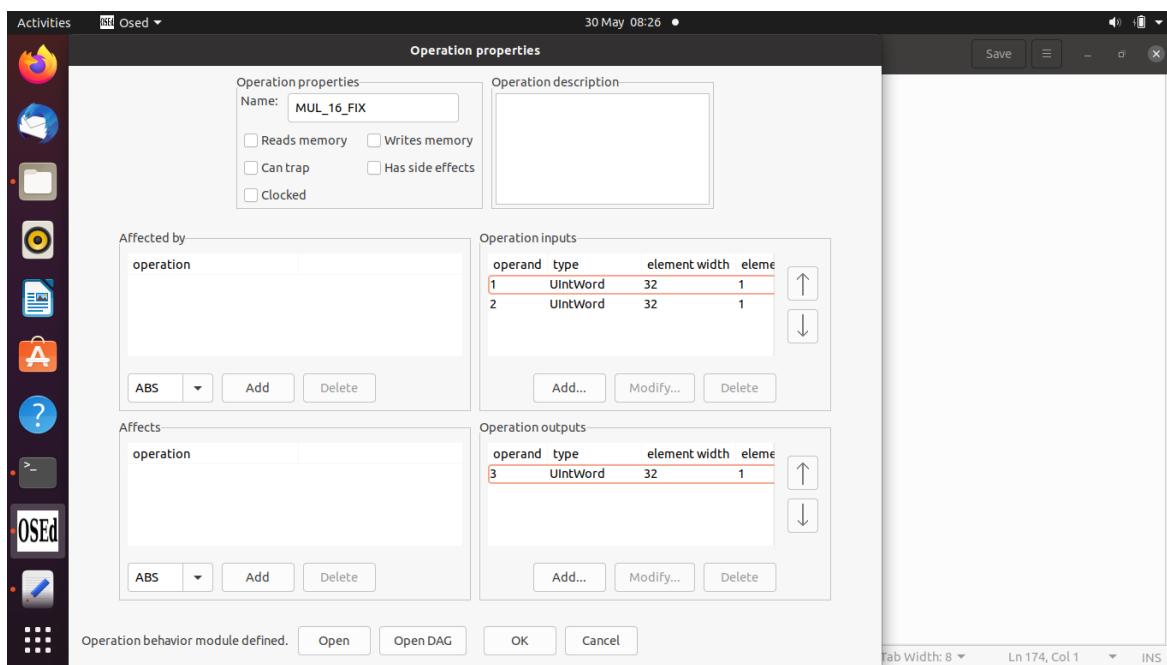
از جایی که فقط به ضرایب فرد $\frac{\pi}{16}$ نیاز داریم، ابتدا باقی مانده ورودی به 8 را حساب می کنیم، در صورتی که باقی مانده ورودی بر 8 برابر با n باشد، پس ورودی برابر با $n\frac{\pi}{16}$ است، پس مقدار کسینوس متناظر با ورودی از یک LUT که در ابتدا تابع تعریف شده، خوانده شده و به صورت خروجی برگردانده می شود.

در صورتی که ورودی بزرگ تر از 8 باشد، پس ورودی نیز بزرگ تر از $\frac{8\pi}{16} = \frac{\pi}{2}$ بوده و درنتیجه مقدار کسینوس خوانده شده از LUT باید منفی (2's complement) شود.

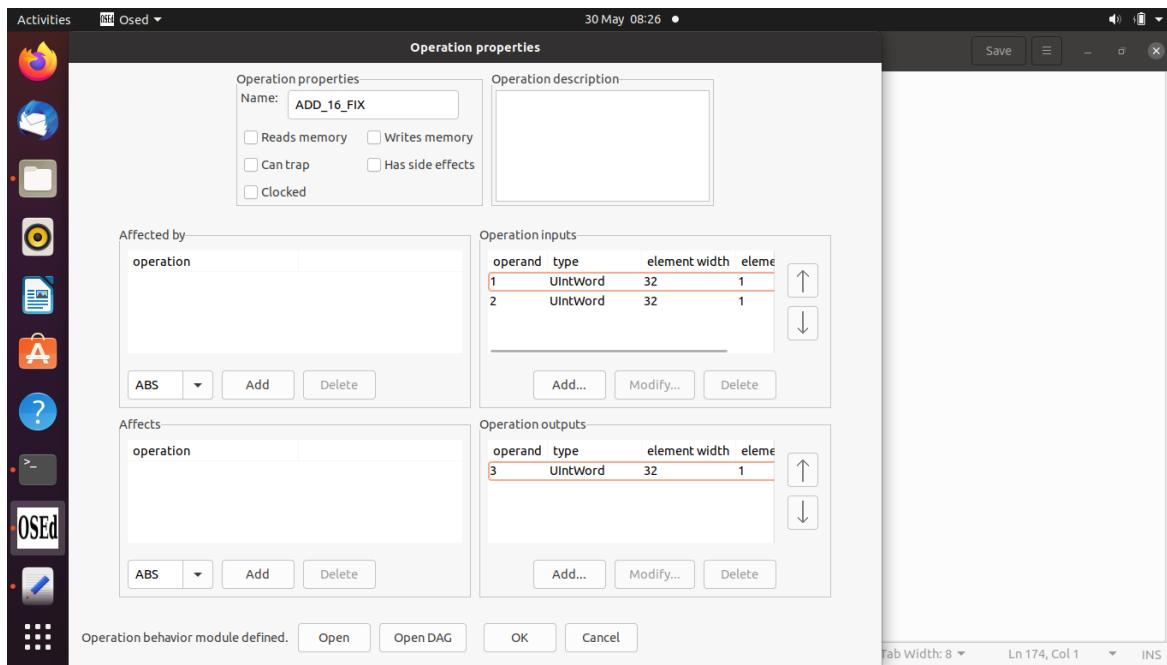
افزودن عملگر (operation) کسینوس:



افزودن عملگر (operation) ضرب کننده:



افزودن عملگر (operation) جمع کننده:



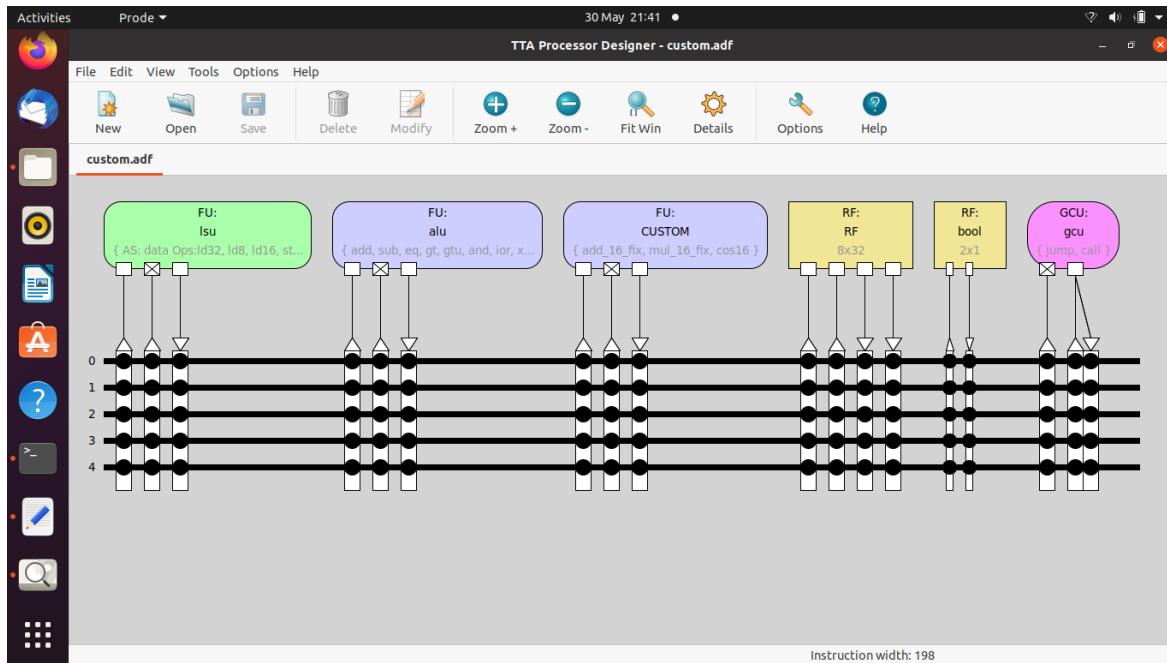
کپی کردن محتويات فایل custom.c در فایل custom.cc

```

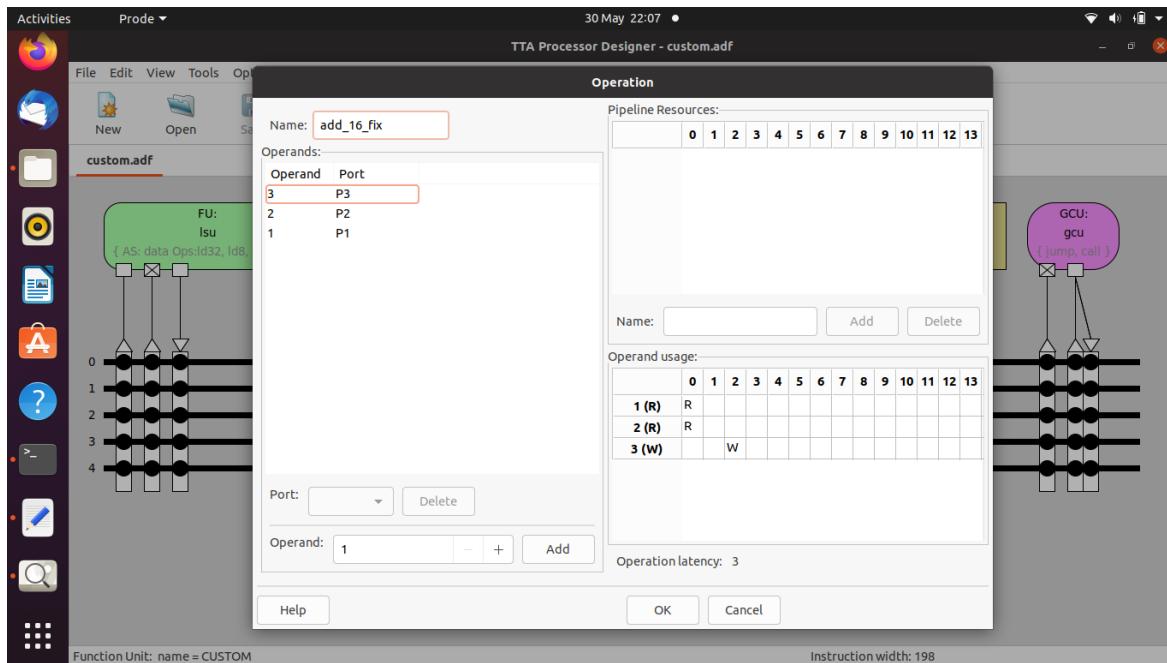
1 /**
2 * OSAL behavior definition file.
3 */
4
5 #include "OSAL.hh"
6
7 // Typedef used for representing complex numbers.
8 typedef short Scalar;
9 typedef union {
10     int word;
11     struct {
12         Scalar imag;
13         Scalar real;
14     }cplx;
15 }Complex;
16
17 #define Real(a) (a.cplx.real)
18 #define Imag(a) (a.cplx.imag)
19 #define Word(a) (a.word)
20
21 OPERATION(COS16)
22
23 TRIGGER
24
25 unsigned int input = UINT();
26 unsigned int cosine_values[] = {32138,
27                                 27246,
28                                 18205,
29                                 6393};
30
31 unsigned int remainder = 0;
32 int address = 0;
33 int inverse = 0;
34 unsigned int value = 0;
35 remainder = input - input/8;
36
37

```

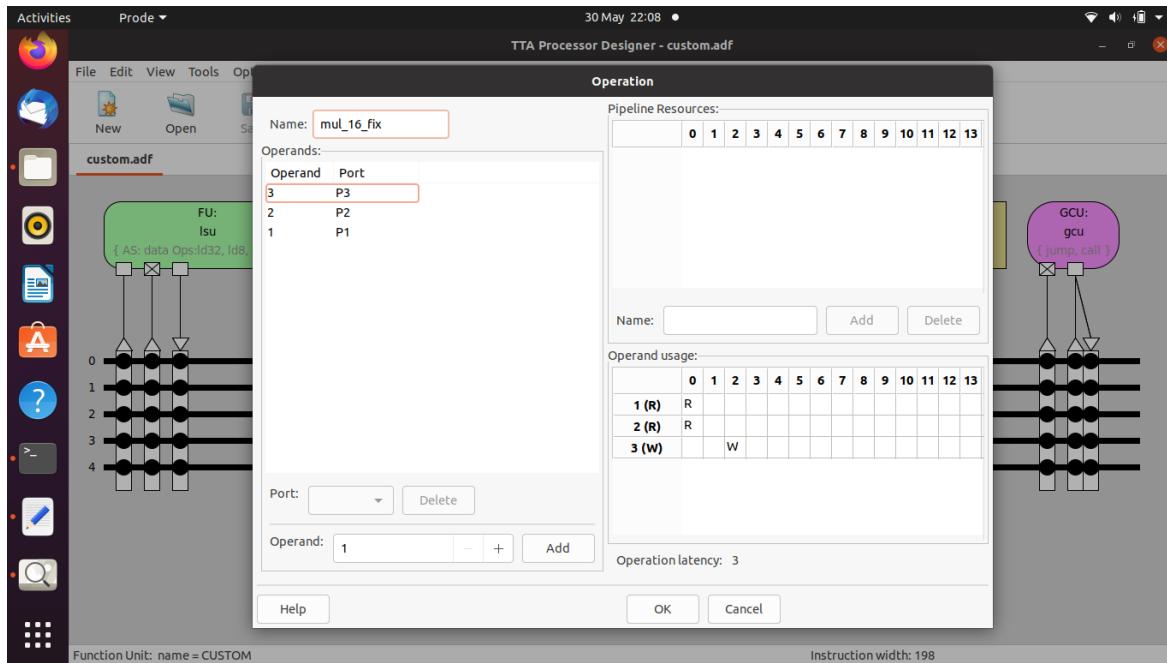
افزودن مازول :custom



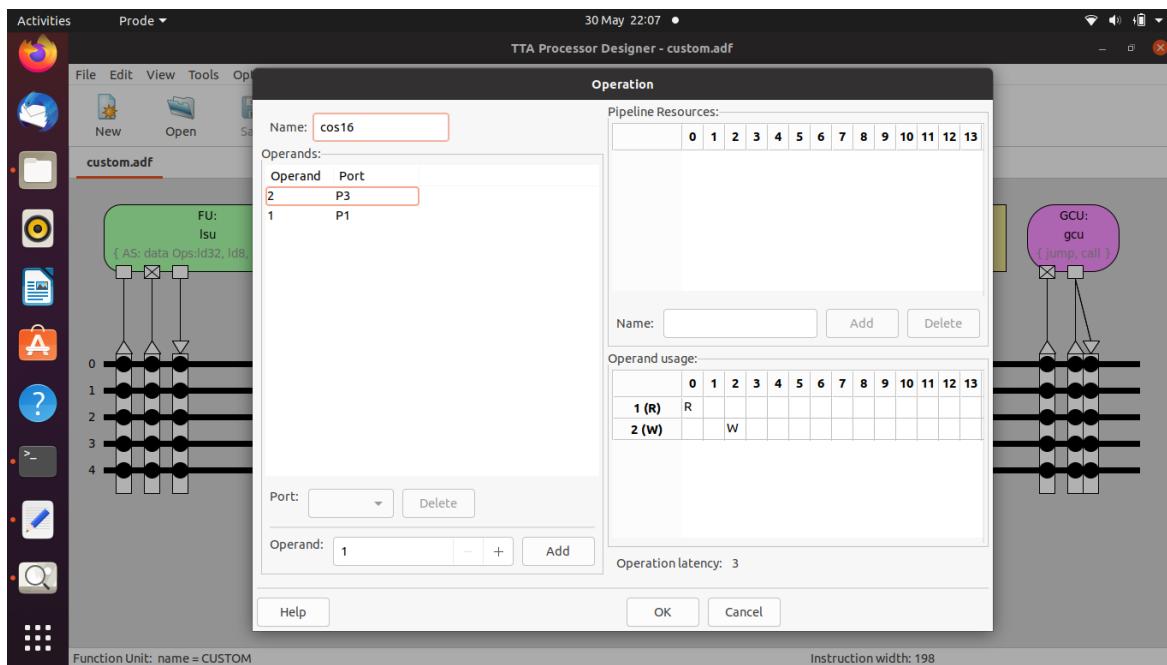
افزودن عملگر ADD_16_FIX (operation) به مازول :custom



افزودن عملگر custom MUL_16_FIX (operation)



افزودن عملگر custom COS16 (operation)

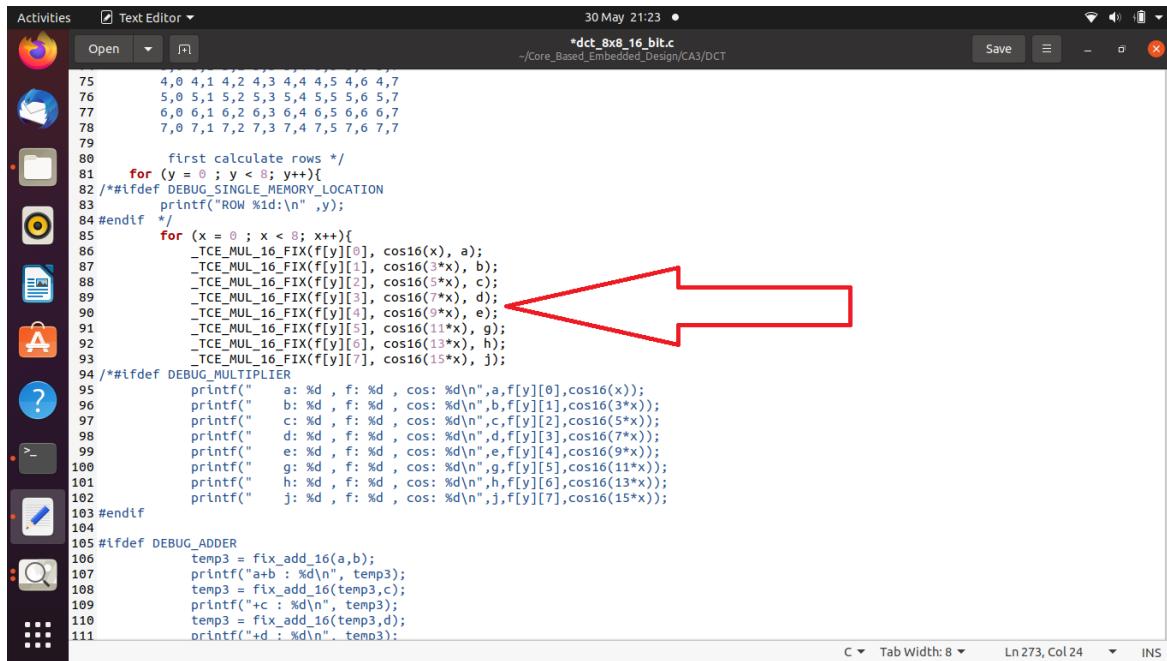


جایگزین کردن تابع cos16 با شتاب دهنده سخت افزاری _TCE_COS16

```

Activities Text Editor 30 May 21:17
dct_8x8_16_blt.c ~/Core_Based_EMBEDDED_Design/CA3/DCT
Save
324 69 int output_cos_x;
325 70 /* MEMORY ORGANIZATION
326 71 0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7
327 72 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7
328 73 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7
329 74 3,0 3,1 3,2 3,3 3,4 3,5 3,6 3,7
330 75 4,0 4,1 4,2 4,3 4,4 4,5 4,6 4,7
331 76 5,0 5,1 5,2 5,3 5,4 5,5 5,6 5,7
332 77 6,0 6,1 6,2 6,3 6,4 6,5 6,6 6,7
333 78 7,0 7,1 7,2 7,3 7,4 7,5 7,6 7,7
334 79
335 80
336 81
337 82 first calculate rows */
338 83 for (y = 0 ; y < 8; y++){
339 84 /*#ifndef DEBUG_SINGLE_MEMORY_LOCATION
340 85 printf("ROW %d:\n",y);
341 86#endif */
342 87 for (x = 0 ; x < 8; x++){
343 88 _TCE_COS16(x, output_cos);
344 89 a = ftx_mul_16(f[y][0], output_cos);
345 90 _TCE_COS16(1*x, output_cos);
346 91 b = ftx_mul_16(f[y][1], output_cos);
347 92 _TCE_COS16(2*x, output_cos);
348 93 c = ftx_mul_16(f[y][2], output_cos);
349 94 _TCE_COS16(3*x, output_cos);
350 95 d = ftx_mul_16(f[y][3], output_cos);
351 96 _TCE_COS16(4*x, output_cos);
352 97 e = ftx_mul_16(f[y][4], output_cos);
353 98 _TCE_COS16(5*x, output_cos);
354 99 g = ftx_mul_16(f[y][5], output_cos);
355 100 _TCE_COS16(6*x, output_cos);
356 101 h = ftx_mul_16(f[y][6], output_cos);
357 102 _TCE_COS16(7*x, output_cos);
358 103 j = ftx_mul_16(f[y][7], output_cos);
359 104 /*#ifdef DEBUG_MULTIPLIER
360 105 printf(" a: %d , f: %d , cos: %d\n",a,f[y][0],_TCE_COS16(x));
361 106#endif */
362 107 }
363 108 }
364 109
365 110
366 111
367 112
368 113
369 114
370 115
371 116
372 117
373 118
374 119
375 120
376 121
377 122
378 123
379 124
380 125
381 126
382 127
383 128
384 129
385 130
386 131
387 132
388 133
389 134
390 135
391 136
392 137
393 138
394 139
395 140
396 141
397 142
398 143
399 144
400 145
401 146
402 147
403 148
404 149
405 150
406 151
407 152
408 153
409 154
410 155
411 156
412 157
413 158
414 159
415 160
416 161
417 162
418 163
419 164
420 165
421 166
422 167
423 168
424 169
425 170
426 171
427 172
428 173
429 174
430 175
431 176
432 177
433 178
434 179
435 180
436 181
437 182
438 183
439 184
440 185
441 186
442 187
443 188
444 189
445 190
446 191
447 192
448 193
449 194
450 195
451 196
452 197
453 198
454 199
455 200
456 201
457 202
458 203
459 204
460 205
461 206
462 207
463 208
464 209
465 210
466 211
467 212
468 213
469 214
470 215
471 216
472 217
473 218
474 219
475 220
476 221
477 222
478 223
479 224
480 225
481 226
482 227
483 228
484 229
485 230
486 231
487 232
488 233
489 234
490 235
491 236
492 237
493 238
494 239
495 240
496 241
497 242
498 243
499 244
500 245
501 246
502 247
503 248
504 249
505 250
506 251
507 252
508 253
509 254
510 255
511 256
512 257
513 258
514 259
515 260
516 261
517 262
518 263
519 264
520 265
521 266
522 267
523 268
524 269
525 270
526 271
527 272
528 273
529 274
530 275
531 276
532 277
533 278
534 279
535 280
536 281
537 282
538 283
539 284
540 285
541 286
542 287
543 288
544 289
545 290
546 291
547 292
548 293
549 294
550 295
551 296
552 297
553 298
554 299
555 300
556 301
557 302
558 303
559 304
560 305
561 306
562 307
563 308
564 309
565 310
566 311
567 312
568 313
569 314
570 315
571 316
572 317
573 318
574 319
575 320
576 321
577 322
578 323
579 324
580 325
581 326
582 327
583 328
584 329
585 330
586 331
587 332
588 333
589 334
590 335
591 336
592 337
593 338
594 339
595 340
596 341
597 342
598 343
599 344
600 345
601 346
602 347
603 348
604 349
605 350
606 351
607 352
608 353
609 354
610 355
611 356
612 357
613 358
614 359
615 360
616 361
617 362
618 363
619 364
620 365
621 366
622 367
623 368
624 369
625 370
626 371
627 372
628 373
629 374
630 375
631 376
632 377
633 378
634 379
635 380
636 381
637 382
638 383
639 384
640 385
641 386
642 387
643 388
644 389
645 390
646 391
647 392
648 393
649 394
650 395
651 396
652 397
653 398
654 399
655 400
656 401
657 402
658 403
659 404
660 405
661 406
662 407
663 408
664 409
665 410
666 411
667 412
668 413
669 414
670 415
671 416
672 417
673 418
674 419
675 420
676 421
677 422
678 423
679 424
680 425
681 426
682 427
683 428
684 429
685 430
686 431
687 432
688 433
689 434
690 435
691 436
692 437
693 438
694 439
695 440
696 441
697 442
698 443
699 444
700 445
701 446
702 447
703 448
704 449
705 450
706 451
707 452
708 453
709 454
710 455
711 456
712 457
713 458
714 459
715 460
716 461
717 462
718 463
719 464
720 465
721 466
722 467
723 468
724 469
725 470
726 471
727 472
728 473
729 474
730 475
731 476
732 477
733 478
734 479
735 480
736 481
737 482
738 483
739 484
740 485
741 486
742 487
743 488
744 489
745 490
746 491
747 492
748 493
749 494
750 495
751 496
752 497
753 498
754 499
755 500
756 501
757 502
758 503
759 504
760 505
761 506
762 507
763 508
764 509
765 510
766 511
767 512
768 513
769 514
770 515
771 516
772 517
773 518
774 519
775 520
776 521
777 522
778 523
779 524
780 525
781 526
782 527
783 528
784 529
785 530
786 531
787 532
788 533
789 534
790 535
791 536
792 537
793 538
794 539
795 540
796 541
797 542
798 543
799 544
800 545
801 546
802 547
803 548
804 549
805 550
806 551
807 552
808 553
809 554
810 555
811 556
812 557
813 558
814 559
815 560
816 561
817 562
818 563
819 564
820 565
821 566
822 567
823 568
824 569
825 570
826 571
827 572
828 573
829 574
830 575
831 576
832 577
833 578
834 579
835 580
836 581
837 582
838 583
839 584
840 585
841 586
842 587
843 588
844 589
845 590
846 591
847 592
848 593
849 594
850 595
851 596
852 597
853 598
854 599
855 600
856 601
857 602
858 603
859 604
860 605
861 606
862 607
863 608
864 609
865 610
866 611
867 612
868 613
869 614
870 615
871 616
872 617
873 618
874 619
875 620
876 621
877 622
878 623
879 624
880 625
881 626
882 627
883 628
884 629
885 630
886 631
887 632
888 633
889 634
890 635
891 636
892 637
893 638
894 639
895 640
896 641
897 642
898 643
899 644
900 645
901 646
902 647
903 648
904 649
905 650
906 651
907 652
908 653
909 654
910 655
911 656
912 657
913 658
914 659
915 660
916 661
917 662
918 663
919 664
920 665
921 666
922 667
923 668
924 669
925 670
926 671
927 672
928 673
929 674
930 675
931 676
932 677
933 678
934 679
935 680
936 681
937 682
938 683
939 684
940 685
941 686
942 687
943 688
944 689
945 690
946 691
947 692
948 693
949 694
950 695
951 696
952 697
953 698
954 699
955 700
956 701
957 702
958 703
959 704
960 705
961 706
962 707
963 708
964 709
965 710
966 711
967 712
968 713
969 714
970 715
971 716
972 717
973 718
974 719
975 720
976 721
977 722
978 723
979 724
980 725
981 726
982 727
983 728
984 729
985 730
986 731
987 732
988 733
989 734
990 735
991 736
992 737
993 738
994 739
995 740
996 741
997 742
998 743
999 744
1000 745
1001 746
1002 747
1003 748
1004 749
1005 750
1006 751
1007 752
1008 753
1009 754
1010 755
1011 756
1012 757
1013 758
1014 759
1015 760
1016 761
1017 762
1018 763
1019 764
1020 765
1021 766
1022 767
1023 768
1024 769
1025 770
1026 771
1027 772
1028 773
1029 774
1030 775
1031 776
1032 777
1033 778
1034 779
1035 780
1036 781
1037 782
1038 783
1039 784
1040 785
1041 786
1042 787
1043 788
1044 789
1045 790
1046 791
1047 792
1048 793
1049 794
1050 795
1051 796
1052 797
1053 798
1054 799
1055 800
1056 801
1057 802
1058 803
1059 804
1060 805
1061 806
1062 807
1063 808
1064 809
1065 810
1066 811
1067 812
1068 813
1069 814
1070 815
1071 816
1072 817
1073 818
1074 819
1075 820
1076 821
1077 822
1078 823
1079 824
1080 825
1081 826
1082 827
1083 828
1084 829
1085 830
1086 831
1087 832
1088 833
1089 834
1090 835
1091 836
1092 837
1093 838
1094 839
1095 840
1096 841
1097 842
1098 843
1099 844
1100 845
1101 846
1102 847
1103 848
1104 849
1105 850
1106 851
1107 852
1108 853
1109 854
1110 855
1111 856
1112 857
1113 858
1114 859
1115 860
1116 861
1117 862
1118 863
1119 864
1120 865
1121 866
1122 867
1123 868
1124 869
1125 870
1126 871
1127 872
1128 873
1129 874
1130 875
1131 876
1132 877
1133 878
1134 879
1135 880
1136 881
1137 882
1138 883
1139 884
1140 885
1141 886
1142 887
1143 888
1144 889
1145 890
1146 891
1147 892
1148 893
1149 894
1150 895
1151 896
1152 897
1153 898
1154 899
1155 900
1156 901
1157 902
1158 903
1159 904
1160 905
1161 906
1162 907
1163 908
1164 909
1165 910
1166 911
1167 912
1168 913
1169 914
1170 915
1171 916
1172 917
1173 918
1174 919
1175 920
1176 921
1177 922
1178 923
1179 924
1180 925
1181 926
1182 927
1183 928
1184 929
1185 930
1186 931
1187 932
1188 933
1189 934
1190 935
1191 936
1192 937
1193 938
1194 939
1195 940
1196 941
1197 942
1198 943
1199 944
1200 945
1201 946
1202 947
1203 948
1204 949
1205 950
1206 951
1207 952
1208 953
1209 954
1210 955
1211 956
1212 957
1213 958
1214 959
1215 960
1216 961
1217 962
1218 963
1219 964
1220 965
1221 966
1222 967
1223 968
1224 969
1225 970
1226 971
1227 972
1228 973
1229 974
1230 975
1231 976
1232 977
1233 978
1234 979
1235 980
1236 981
1237 982
1238 983
1239 984
1240 985
1241 986
1242 987
1243 988
1244 989
1245 990
1246 991
1247 992
1248 993
1249 994
1250 995
1251 996
1252 997
1253 998
1254 999
1255 1000
1256 1001
1257 1002
1258 1003
1259 1004
1260 1005
1261 1006
1262 1007
1263 1008
1264 1009
1265 1010
1266 1011
1267 1012
1268 1013
1269 1014
1270 1015
1271 1016
1272 1017
1273 1018
1274 1019
1275 1020
1276 1021
1277 1022
1278 1023
1279 1024
1280 1025
1281 1026
1282 1027
1283 1028
1284 1029
1285 1030
1286 1031
1287 1032
1288 1033
1289 1034
1290 1035
1291 1036
1292 1037
1293 1038
1294 1039
1295 1040
1296 1041
1297 1042
1298 1043
1299 1044
1300 1045
1301 1046
1302 1047
1303 1048
1304 1049
1305 1050
1306 1051
1307 1052
1308 1053
1309 1054
1310 1055
1311 1056
1312 1057
1313 1058
1314 1059
1315 1060
1316 1061
1317 1062
1318 1063
1319 1064
1320 1065
1321 1066
1322 1067
1323 1068
1324 1069
1325 1070
1326 1071
1327 1072
1328 1073
1329 1074
1330 1075
1331 1076
1332 1077
1333 1078
1334 1079
1335 1080
1336 1081
1337 1082
1338 1083
1339 1084
1340 1085
1341 1086
1342 1087
1343 1088
1344 1089
1345 1090
1346 1091
1347 1092
1348 1093
1349 1094
1350 1095
1351 1096
1352 1097
1353 1098
1354 1099
1355 1100
1356 1101
1357 1102
1358 1103
1359 1104
1360 1105
1361 1106
1362 1107
1363 1108
1364 1109
1365 1110
1366 1111
1367 1112
1368 1113
1369 1114
1370 1115
1371 1116
1372 1117
1373 1118
1374 1119
1375 1120
1376 1121
1377 1122
1378 1123
1379 1124
1380 1125
1381 1126
1382 1127
1383 1128
1384 1129
1385 1130
1386 1131
1387 1132
1388 1133
1389 1134
1390 1135
1391 1136
1392 1137
1393 1138
1394 1139
1395 1140
1396 1141
1397 1142
1398 1143
1399 1144
1400 1145
1401 1146
1402 1147
1403 1148
1404 1149
1405 1150
1406 1151
1407 1152
1408 1153
1409 1154
1410 1155
1411 1156
1412 1157
1413 1158
1414 1159
1415 1160
1416 1161
1417 1162
1418 1163
1419 1164
1420 1165
1421 1166
1422 1167
1423 1168
1424 1169
1425 1170
1426 1171
1427 1172
1428 1173
1429 1174
1430 1175
1431 1176
1432 1177
1433 1178
1434 1179
1435 1180
1436 1181
1437 1182
1438 1183
1439 1184
1440 1185
1441 1186
1442 1187
1443 1188
1444 1189
1445 1190
1446 1191
1447 1192
1448 1193
1449 1194
1450 1195
1451 1196
1452 1197
1453 1198
1454 1199
1455 1200
1456 1201
1457 1202
1458 1203
1459 1204
1460 1205
1461 1206
1462 1207
1463 1208
1464 1209
1465 1210
1466 1211
1467 1212
1468 1213
1469 1214
1470 1215
1471 1216
1472 1217
1473 1218
1474 1219
1475 1219
1476 1219
1477 1219
1478 1219
1479 1219
1480 1219
1481 1219
1482 1219
1483 1219
1484 1219
1485 1219
1486 1219
1487 1219
1488 1219
1489 1219
1490 1219
1491 1219
1492 1219
1493 1219
1494 1219
1495 1219
1496 1219
1497 1219
1498 1219
1499 1219
1500 1219
1501 1219
1502 1219
1503 1219
1504 1219
1505 1219
1506 1219
1507 1219
1508 1219
1509 1219
1510 1219
1511 1219
1512 1219
1513 1219
1514 1219
1515 1219
1516 1219
1517 1219
1518 1219
1519 1219
1520 1219
1521 1219
1522 1219
1523 1219
1524 1219
1525 12
```

جایگزین کردن تابع fix_mul_16 با شتاب دهنده سخت افزاری _TCE_MUL_16_FIX

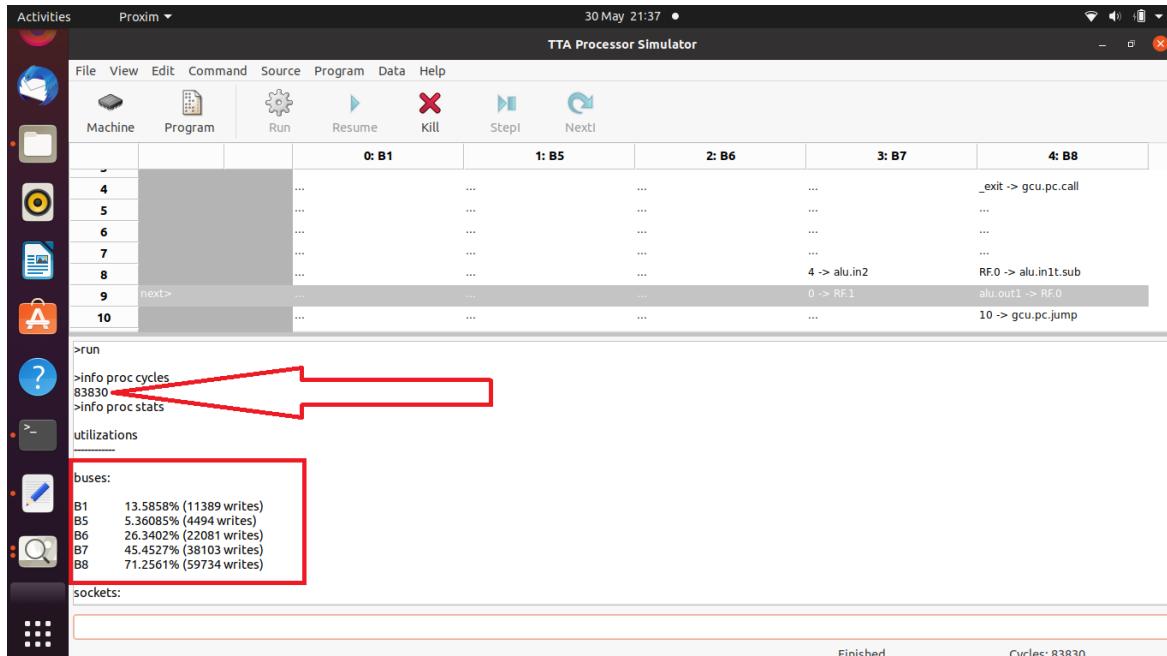


```

Activities Text Editor 30 May 21:23
dct_8x8_16_bit.c
~/Core_Based_EMBEDDED_Design/CA3/DCT
Save - X
75      4,0 4,1 4,2 4,3 4,4 4,5 4,6 4,7
76      5,0 5,1 5,2 5,3 5,4 5,5 5,6 5,7
77      6,0 6,1 6,2 6,3 6,4 6,5 6,6 6,7
78      7,0 7,1 7,2 7,3 7,4 7,5 7,6 7,7
79
80      first calculate rows */
81      for (y = 0 ; y < 8; y++){
82 /*#ifdef DEBUG_SINGLE_MEMORY_LOCATION
83     printf("ROW %id:n",y);
84 #endif */
85      for (x = 0 ; x < 8; x++){
86          _TCE_MUL_16_FIX(f[y][0], cos16(x), a);
87          _TCE_MUL_16_FIX(f[y][1], cos16(3*x), b);
88          _TCE_MUL_16_FIX(f[y][2], cos16(5*x), c);
89          _TCE_MUL_16_FIX(f[y][3], cos16(7*x), d);
90          _TCE_MUL_16_FIX(f[y][4], cos16(9*x), e);
91          _TCE_MUL_16_FIX(f[y][5], cos16(11*x), g);
92          _TCE_MUL_16_FIX(f[y][6], cos16(13*x), h);
93          _TCE_MUL_16_FIX(f[y][7], cos16(15*x), j);
94 /*#ifndef DEBUG_MULTIPLIER
95     printf(" a: %d , f: %d , cos: %d\n",a,f[y][0],cos16(x));
96     printf(" b: %d , f: %d , cos: %d\n",b,f[y][1],cos16(3*x));
97     printf(" c: %d , f: %d , cos: %d\n",c,f[y][2],cos16(5*x));
98     printf(" d: %d , f: %d , cos: %d\n",d,f[y][3],cos16(7*x));
99     printf(" e: %d , f: %d , cos: %d\n",e,f[y][4],cos16(9*x));
100    printf(" g: %d , f: %d , cos: %d\n",g,f[y][5],cos16(11*x));
101    printf(" h: %d , f: %d , cos: %d\n",h,f[y][6],cos16(13*x));
102    printf(" j: %d , f: %d , cos: %d\n",j,f[y][7],cos16(15*x));
103 #endif
104
105 #ifdef DEBUG_ADDER
106     temp3 = fix_add_16(a,b);
107     printf("a+b : %d\n", temp3);
108     temp3 = fix_add_16(temp3,c);
109     printf("a+c : %d\n", temp3);
110     temp3 = fix_add_16(temp3,d);
111     printf("a+d : %d\n", temp3);

```

تعداد سیکل خروجی: (در حالت جایگزین کردن تابع fix_mul_16 با _TCE_MUL_16_FIX)



TTA Processor Simulator

	0: B1	1: B5	2: B6	3: B7	4: B8
4	_exit -> gcu.pc.call
5
6
7
8	4 -> alu.in2	RF0 -> alu.in1.sub
9	next>	0 -> RF1	alu.out1 -> RF0
10	10 -> gcu.pc.jump

```

>run
>info proc cycles
83830
>info proc stats
utilizations
buses:
B1 13.5858% (11389 writes)
B5 5.36085% (4494 writes)
B6 26.3402% (22081 writes)
B7 45.4527% (38103 writes)
B8 71.2561% (59734 writes)
sockets:

```

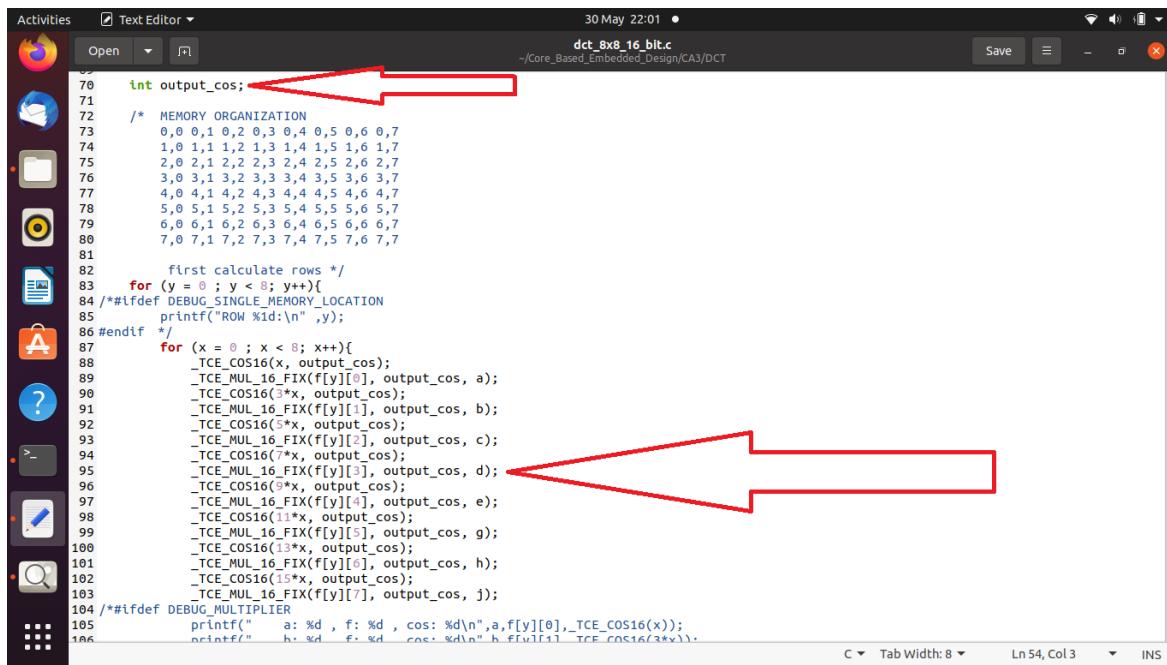
همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، با جایگزین کردن تابع fix_mul_16 با شتاب دهنده سخت افزاری _TCE_MUL_16_FIX، سرعت محاسبه mul، افزایش یافته و تعداد سیکل از 258081 به 83830 کاهش یافته است.

جایگزین کردن تابع fix_add_16 با شتاب دهنده سخت افزاری `:_TCE_ADD_16_FIX`

تعداد سیکل خروجی: (در حالت جایگزین کردنتابع fix_add_16 با `__TCE_ADD_16_FIX`)

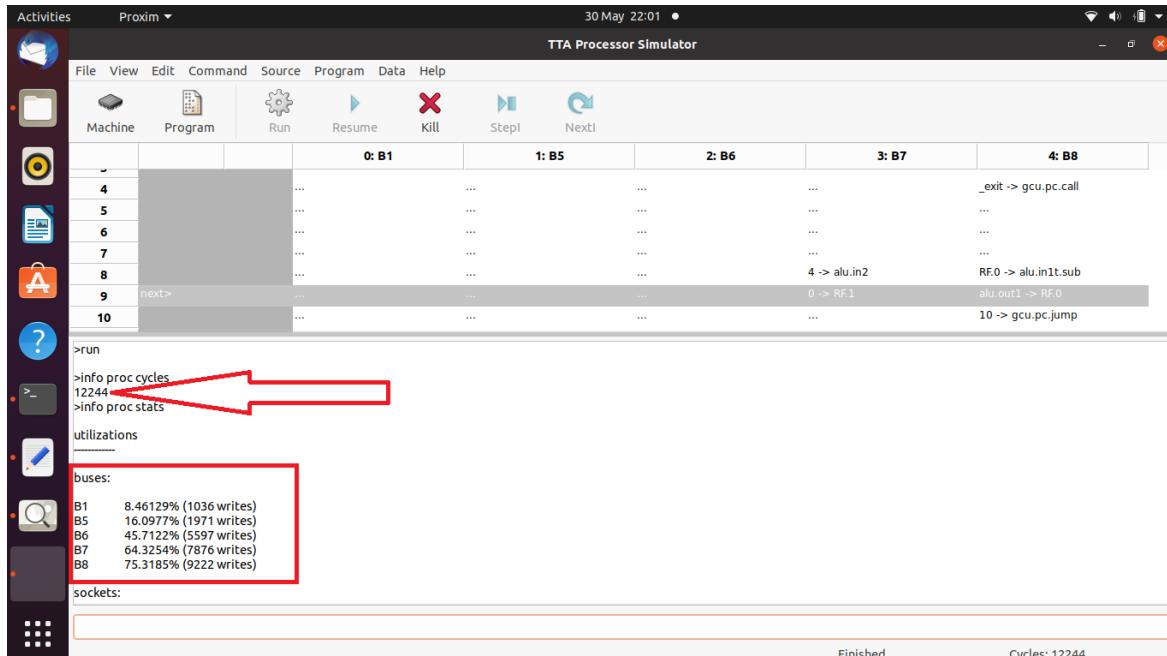
همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، با جایگزین کردنتابع fix_add_16 با شتاب دهنده سخت افزاری TCE_ADD_16_FIX، سرعت محاسبه add، افزایش یافته و تعداد سیکل از 258081 به 222017 کاهش یافته است.

جایگزین کردن هر سه تابع با شتاب دهنده های سخت افزاری:



```
30 May 22:01 •
dct_8x8_16_blt.c
-/Core_Based_EMBEDDED_Design/CA3/DCT
Save □ ×
Activities Text Editor
Open □
30
70 int output_cos;
71 /* MEMORY ORGANIZATION
72 0,0 0,1 0,2 0,3 0,4 0,5 0,6 0,7
73 1,0 1,1 1,2 1,3 1,4 1,5 1,6 1,7
74 2,0 2,1 2,2 2,3 2,4 2,5 2,6 2,7
75 3,0 3,1 3,2 3,3 3,4 3,5 3,6 3,7
76 4,0 4,1 4,2 4,3 4,4 4,5 4,6 4,7
77 5,0 5,1 5,2 5,3 5,4 5,5 5,6 5,7
78 6,0 6,1 6,2 6,3 6,4 6,5 6,6 6,7
79 7,0 7,1 7,2 7,3 7,4 7,5 7,6 7,7
80
81     first calculate rows */
82     for (y = 0 ; y < 8; y++){
83 /*#ifndef DEBUG_SINGLE_MEMORY_LOCATION
84     printf("ROW %d:\n",y);
85 #endif */
86     for (x = 0 ; x < 8; x++){
87         TCE_COS16(x, output_cos);
88         TCE_MUL_16_FIX(ffy[0], output_cos, a);
89         TCE_COS16(1*x, output_cos);
90         TCE_MUL_16_FIX(ffy[1], output_cos, b);
91         TCE_COS16(2*x, output_cos);
92         TCE_MUL_16_FIX(ffy[2], output_cos, c);
93         TCE_COS16(3*x, output_cos);
94         TCE_MUL_16_FIX(ffy[3], output_cos, d);
95         TCE_COS16(4*x, output_cos);
96         TCE_MUL_16_FIX(ffy[4], output_cos, e);
97         TCE_COS16(5*x, output_cos);
98         TCE_MUL_16_FIX(ffy[5], output_cos, f);
99         TCE_COS16(6*x, output_cos);
100        TCE_MUL_16_FIX(ffy[6], output_cos, g);
101        TCE_COS16(7*x, output_cos);
102        TCE_MUL_16_FIX(ffy[7], output_cos, h);
103    }
104 /*#ifndef DEBUG_MULTIPLIER
105     printf(" a: %d , f: %d , cos: %d\n",a,f[y][0],_TCE_COS16(x));
106     printf(" h: %d , f: %d , cos: %d\n",h,ffy[7],_TCE_COS16(3*x));
107 */
108 }
```

تعداد سیکل خروجی: (در حالت جایگزین کردن هر سه تابع با شتاب دهنده های سخت افزاری)



30 May 22:01 •

TTA Processor Simulator

File View Edit Command Source Program Data Help

Machine Program Run Resume Kill Step Next

	0: B1	1: B5	2: B6	3: B7	4: B8
4	_exit -> gcu.pc.call
5
6
7
8	4 -> alu.in2	RF0 -> alu.in1.sub
9	0 -> RF1	alu.out1 -> RF0	10 -> gcu.pc.jump
10	

>run

>info proc cycles
12244

>info proc stats

utilizations

buses:

B1	8.46129% (1036 writes)
B5	16.0977% (1971 writes)
B6	45.7122% (5597 writes)
B7	64.3254% (7876 writes)
B8	75.3185% (9222 writes)

sockets:

Finished Cycles: 12244

همان طور که در تصویر فوق مشاهده می کنید، با جایگزین کردن هر سه تابع با شتاب دهنده های سخت افزاری، سرعت محاسبه add، mul و cos افزایش یافته و تعداد سیکل از 258081 به 12244 کاهش یافته است.

تعداد سیکل بدون accelerate کردن: 258081

تعداد سیکل با add کردن تابع accelerate: 222017

تعداد سیکل با cos کردن تابع accelerate: 220803

تعداد سیکل با mul کردن تابع accelerate: 83830

تعداد سیکل با هر سه تابع accelerate کردن: 12244

بنابر نتایج فوق، تاثیر تابع mul یا همان ضرب کننده از دیگر توابع بیشتر بوده است به طوری که با accelerate کردن آن، تعداد سیکل، نسبت به توابع add و cos، بیشتر کاهش یافته است. در واقع از جایی که عملیات ضرب، سنگین‌تر از عملیات جمع و عملیات کسینوس (که در واقع خواندن مقادیر کسینوس از یک LUT است) است و محاسبات بیشتری دارد، با accelerate کردن آن، حجم بیشتری از محاسبات، accelerate شده و درنتیجه تعداد سیکل بیشتری کاهش می‌یابد.

بنابر نتایج فوق، با accelerate کردن هر سه تابع، مسلماً با accelerate شدن تمامی عملیات محاسباتی، تعداد سیکل بسیار بیشتری نسبت به حالاتی که فقط یکی از توابع accelerate می‌شد، کاهش یافته است.