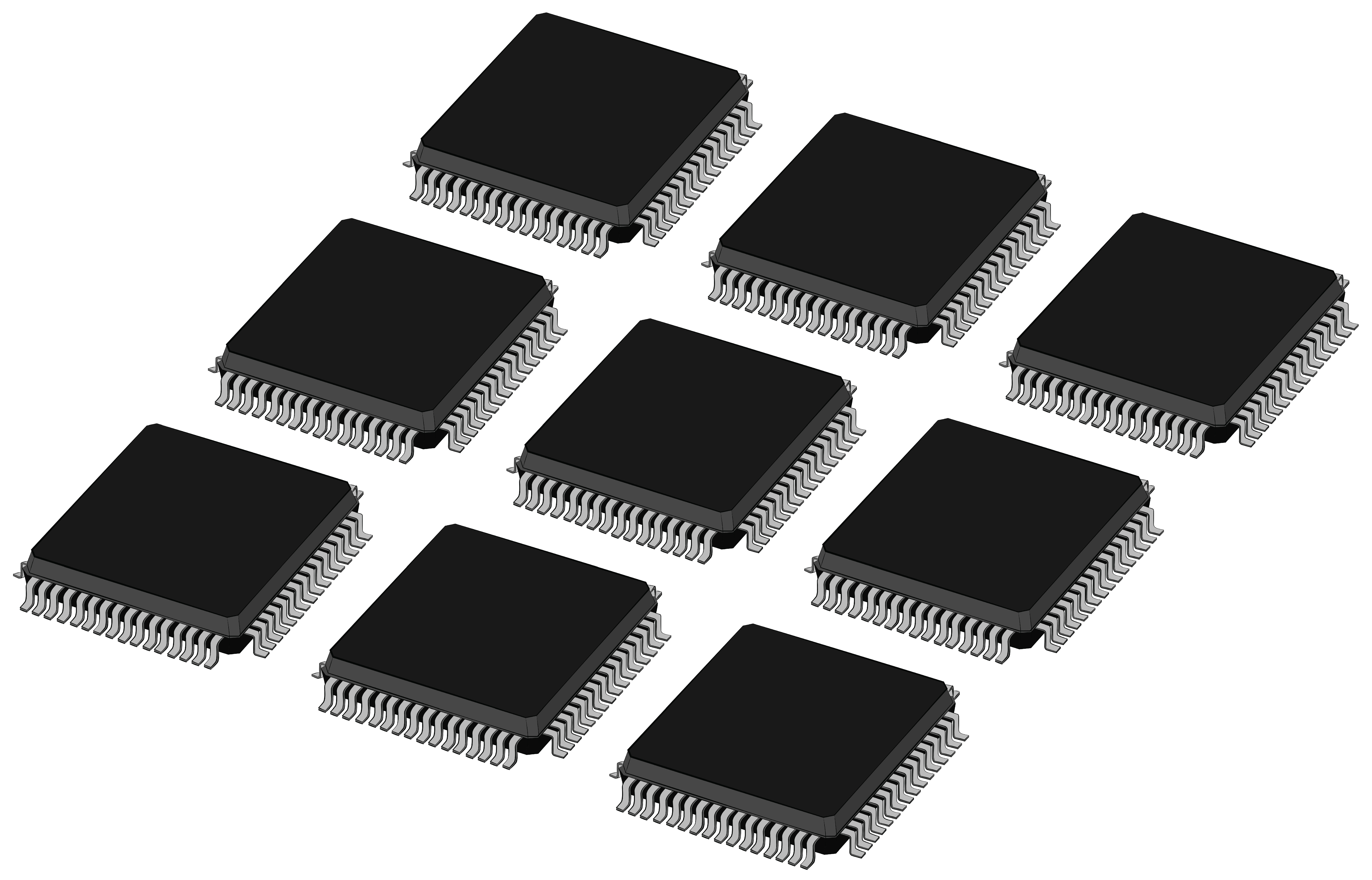
Financial Technology with a Procesing Unit

QueenField 

Paco Reina Campo

FinTech with a PU-NTM verified with UVM/OSVVM/FV.

Table of Contents

# INTRODUCTION

A Processing Unit (PU) is an electronic system within a computer that carries out instructions of a program by performing the basic arithmetic, logic, controlling, and I/O operations specified by instructions. Instruction-level parallelism is a measure of how many instructions in a computer can be executed simultaneously. The PU is contained on a single Metal Oxide Semiconductor (MOS) Integrated Circuit (IC).

An Automation Financial Method (AFM) is the technology and innovation that aims to compete with Traditional Financial Methods in the delivery of financial services. It is an emerging industry that uses technology to improve activities in finance. AFM is the new applications, processes, products, or business models in the financial services industry, composed of complementary financial services and provided as an end-to-end process via the Internet.

## BEST PRACTICES

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Hardware

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

cd synthesis/yosys  
source synthesize.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ASIC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

cd synthesis/qflow  
source flow.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### FPGA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

cd synthesis/symbiflow  
source flow.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Software

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 Tests

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### ISA 16

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 Bare Metal

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### C Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### C++ Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Go Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 Operating System

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 Distribution

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Debian

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Fedora

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### OpenRISC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC Tests

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### ISA 32

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### ISA 64

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC Bare Metal

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### C Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### C++ Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Go Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC Operating System

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC Distribution

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Debian

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Fedora

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### RISC-V

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V Tests

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
rm -rf tests  
rm -rf riscv-tests  
  
mkdir tests  
mkdir tests/dump  
mkdir tests/hex  
  
git clone --recursive https://github.com/riscv/riscv-tests  
cd riscv-tests  
  
autoconf  
./configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc/bin  
make  
  
cd isa  
  
source ../../elf2hex.sh  
  
mv \*.dump ../../tests/dump  
mv \*.hex ../../tests/hex  
  
cd ..  
  
make clean

###### ISA 32

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

elf2hex.sh:

riscv32-unknown-elf-objcopy -O ihex rv32mi-p-breakpoint rv32mi-p-breakpoint.hex  
riscv32-unknown-elf-objcopy -O ihex rv32mi-p-csr rv32mi-p-csr.hex  
...  
riscv32-unknown-elf-objcopy -O ihex rv32um-v-remw rv32um-v-remw.hex

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
spike rv32mi-p-breakpoint  
spike rv32mi-p-csr  
...  
spike rv32um-v-remw

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### ISA 64

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

elf2hex.sh:

riscv64-unknown-elf-objcopy -O ihex rv64mi-p-breakpoint rv64mi-p-breakpoint.hex  
riscv64-unknown-elf-objcopy -O ihex rv64mi-p-csr rv64mi-p-csr.hex  
...  
riscv64-unknown-elf-objcopy -O ihex rv64um-v-remw rv64um-v-remw.hex

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
spike rv64mi-p-breakpoint  
spike rv64mi-p-csr  
...  
spike rv64um-v-remw

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### ISA 128

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

elf2hex.sh:

riscv128-unknown-elf-objcopy -O ihex rv128mi-p-breakpoint rv128mi-p-breakpoint.hex  
riscv128-unknown-elf-objcopy -O ihex rv128mi-p-csr rv128mi-p-csr.hex  
...  
riscv128-unknown-elf-objcopy -O ihex rv128um-v-remw rv128um-v-remw.hex

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
spike rv128mi-p-breakpoint  
spike rv128mi-p-csr  
...  
spike rv128um-v-remw

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V Bare Metal

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### C Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

rm -rf hello\_c.elf  
rm -rf hello\_c.hex  
  
export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
riscv64-unknown-elf-gcc -o hello\_c.elf hello\_c.c  
riscv64-unknown-elf-objcopy -O ihex hello\_c.elf hello\_c.hex

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Hello QueenField in C Language:

#include <stdio.h>  
  
int main() {  
 printf("Hello QueenField!\n");  
 return 0;  
}

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
spike pk hello\_c.elf

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### C++ Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

rm -rf hello\_cpp.elf  
rm -rf hello\_cpp.hex  
  
export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
riscv64-unknown-elf-g++ -o hello\_cpp.elf hello\_cpp.cpp  
riscv64-unknown-elf-objcopy -O ihex hello\_cpp.elf hello\_cpp.hex

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Hello QueenField in C++ Language:

#include <iostream>  
  
int main() {  
 std::cout << "Hello QueenField!\n";  
 return 0;  
}

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
spike pk hello\_cpp.elf

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Go Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

rm -rf hello\_go.elf  
rm -rf hello\_go.hex  
  
export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
export PATH=/opt/riscv-go/bin:${PATH}  
  
GOOS=linux GOARCH=riscv64 go build -o hello\_go.elf hello\_go.go  
riscv64-unknown-elf-objcopy -O ihex hello\_go.elf hello\_go.hex

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Hello QueenField in Go Language:

package main  
  
import "fmt"  
func main() {  
 fmt.Println("Hello QueenField!")  
}

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V Operating System

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Building BusyBox**

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
git clone --recursive https://git.busybox.net/busybox  
  
cd busybox  
make CROSS\_COMPILE=riscv64-unknown-linux-gnu- defconfig  
make CROSS\_COMPILE=riscv64-unknown-linux-gnu-

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Building Linux**

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
git clone --recursive https://github.com/torvalds/linux  
  
cd linux  
make ARCH=riscv CROSS\_COMPILE=riscv64-unknown-linux-gnu- defconfig  
make ARCH=riscv CROSS\_COMPILE=riscv64-unknown-linux-gnu-

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Running Linux**

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
qemu-system-riscv64 -nographic -machine virt \  
-kernel Image -append "root=/dev/vda ro console=ttyS0" \  
-drive file=busybox,format=raw,id=hd0 \  
-device virtio-blk-device,drive=hd0

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Running Linux RISC-V 32 bit with Buildroot**

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
git clone --recursive https://github.com/buildroot/buildroot  
  
cd buildroot  
make qemu\_riscv32\_virt\_defconfig  
make  
  
qemu-system-riscv32 \  
-M virt \  
-nographic \  
-bios output/images/fw\_jump.elf \  
-kernel output/images/Image \  
-append "root=/dev/vda ro" \  
-drive file=output/images/rootfs.ext2,format=raw,id=hd0 \  
-device virtio-blk-device,drive=hd0 \  
-netdev user,id=net0 \  
-device virtio-net-device,netdev=net0

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Running Linux RISC-V 64 bit with Buildroot**

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
git clone --recursive https://github.com/buildroot/buildroot  
  
cd buildroot  
make qemu\_riscv64\_virt\_defconfig  
make  
  
qemu-system-riscv64 \  
-M virt \  
-nographic \  
-bios output/images/fw\_jump.elf \  
-kernel output/images/Image \  
-append "root=/dev/vda ro" \  
-drive file=output/images/rootfs.ext2,format=raw,id=hd0 \  
-device virtio-blk-device,drive=hd0 \  
-netdev user,id=net0 \  
-device virtio-net-device,netdev=net0

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V Distribution

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Debian

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Fedora

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Running Fedora**

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
qemu-system-riscv64 \  
-nographic \  
-machine virt \  
-smp 4 \  
-m 2G \  
-kernel Fedora-RISCV.elf \  
-bios none \  
-object rng-random,filename=/dev/urandom,id=rng0 \  
-device virtio-rng-device,rng=rng0 \  
-device virtio-blk-device,drive=hd0 \  
-drive file=Fedora-RISCV.raw,format=raw,id=hd0 \  
-device virtio-net-device,netdev=usernet \  
-netdev user,id=usernet,hostfwd=tcp::10000-:22

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## OPEN SOURCE PHILOSOPHY

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**For Windows Users!**

1. Settings → Apps → Apps & features → Related settings, Programs and Features → Turn Windows features on or off → Windows Subsystem for Linux
2. Microsoft Store → INSTALL UBUNTU

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

sudo apt update  
sudo apt upgrade

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Open Source Hardware

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MSP430 Processing Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### OpenRISC Processing Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### RISC-V Processing Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Open Source Software

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MSP430 GNU Compiler Collection

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### OpenRISC GNU Compiler Collection

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**OpenRISC GNU C/C++**

type:

sudo apt install git libgmp-dev libmpfr-dev libmpc-dev zlib1g-dev texinfo \  
build-essential flex bison

type:

git clone git://sourceware.org/git/binutils-gdb.git binutils  
git clone https://github.com/openrisc/or1k-gcc.git gcc  
git clone git://sourceware.org/git/newlib-cygwin.git newlib  
git clone git://sourceware.org/git/binutils-gdb.git gdb  
  
export PATH=/opt/or1k-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
mkdir build-binutils; cd build-binutils  
../binutils/configure --target=or1k-elf --prefix=/opt/or1k-elf-gcc \  
--disable-itcl --disable-tk --disable-tcl --disable-winsup --disable-gdbtk \  
--disable-libgui --disable-rda --disable-sid --disable-sim --disable-gdb \  
--with-sysroot --disable-newlib --disable-libgloss --with-system-zlib  
make  
sudo make install  
cd ..  
  
mkdir build-gcc-stage1; cd build-gcc-stage1  
../gcc/configure --target=or1k-elf --prefix=/opt/or1k-elf-gcc \  
--enable-languages=c --disable-shared --disable-libssp  
make  
sudo make install  
cd ..  
  
mkdir build-newlib; cd build-newlib  
../newlib/configure --target=or1k-elf --prefix=/opt/or1k-elf-gcc  
make  
sudo make install  
cd ..  
  
mkdir build-gcc-stage2; cd build-gcc-stage2  
../gcc/configure --target=or1k-elf --prefix=/opt/or1k-elf-gcc \  
--enable-languages=c,c++ --disable-shared --disable-libssp --with-newlib  
make  
sudo make install  
cd ..  
  
mkdir build-gdb; cd build-gdb  
../gdb/configure --target=or1k-elf --prefix=/opt/or1k-elf-gcc --disable-itcl \  
--disable-tk --disable-tcl --disable-winsup --disable-gdbtk --disable-libgui \  
--disable-rda --disable-sid --with-sysroot --disable-newlib --disable-libgloss \  
--disable-gas --disable-ld --disable-binutils --disable-gprof --with-system-zlib  
make  
sudo make install  
cd ..

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### RISC-V GNU Compiler Collection

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RISC-V GNU C/C++**

type:

sudo apt install autoconf automake autotools-dev curl python3 libmpc-dev \  
libmpfr-dev libgmp-dev gawk build-essential bison flex texinfo gperf \  
libtool patchutils bc zlib1g-dev libexpat-dev

type:

git clone --recursive https://github.com/riscv/riscv-gnu-toolchain  
  
cd riscv-gnu-toolchain  
  
./configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc  
sudo make clean  
sudo make  
  
./configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc  
sudo make clean  
sudo make linux  
  
./configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc --enable-multilib  
sudo make clean  
sudo make linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## INSTRUCTION SET ARCHITECTURE

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### RISC-V ISA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Bases

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V 32

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV32I : Base Integer Instruction Set (32 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV32I : Base Integer Instruction Set (32 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV32I | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| LUI RD, IMM | IIIIIII | IIIII | IIIII | III | RD4:0 | 0110111 |
| AUPIC RD, IMM | IIIIIII | IIIII | IIIII | III | RD4:0 | 0010111 |
| JAL RD, IMM | IIIIIII | IIIII | IIIII | III | RD4:0 | 1101111 |
| JALR RD,RS1,IMM | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 1101111 |
| BEQ RS1,RS2,IMM | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 000 | IIIII | 1100011 |
| BNE RS1,RS2,IMM | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 001 | IIIII | 1100011 |
| BLT RS1,RS2,IMM | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 100 | IIIII | 1100011 |
| BGE RS1,RS2,IMM | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 101 | IIIII | 1100011 |
| BLTU RS1,RS2,IMM | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 110 | IIIII | 1100011 |
| BGEU RS1,RS2,IMM | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 111 | IIIII | 1100011 |
| LB RD, RS1 | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0000011 |
| LH RD, RS1 | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0000011 |
| LW RD, RS1 | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0000011 |
| LBU RD, RS1 | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 100 | RD4:0 | 0000011 |
| LHU RD, RS1 | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0000011 |
| SB RS2,RS1 | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 000 | IIIII | 0100011 |
| SH RS2,RS1 | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 001 | IIIII | 0100011 |
| SW RS2,RS1 | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 010 | IIIII | 0100011 |
| ADDI RD,RS1,IMM | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0010011 |
| SLTI RD,RS1,IMM | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0010011 |
| SLTIU RD,RS1,IMM | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0010011 |
| XORI RD,RS1,IMM | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 100 | RD4:0 | 0010011 |
| ORI RD,RS1,IMM | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 110 | RD4:0 | 0010011 |
| ANDI RD,RS1,IMM | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 111 | RD4:0 | 0010011 |
| SLLI RD,RS1,IMM | 0000000 | IIII | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0010011 |
| SRLI RD,RS1,IMM | 0000000 | IIII | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0010011 |
| SRAI RD,RS1,IMM | 0100000 | IIII | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0010011 |
| ADD RD,RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0110011 |
| SUB RD,RS1,RS2 | 0100000 | RS24:0 | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0110011 |
| SLL RD,RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0110011 |
| SLT RD,RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0110011 |
| SLTU RD,RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0110011 |
| XOR RD,RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 100 | RD4:0 | 0110011 |
| SRL RD,RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0110011 |
| SRA RD,RS1,RS2 | 0100000 | RS24:0 | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0110011 |
| OR RD,RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 110 | RD4:0 | 0110011 |
| AND RD,RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 111 | RD4:0 | 0110011 |
| FENCE PRED,SUCC | 0000PPP | PSSSS | 00000 | 000 | 00000 | 0001111 |
| FENCE.I | 0000P00 | 00000 | 00000 | 001 | 00000 | 0001111 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V 64

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV64I : Base Integer Instruction Set (64 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV64I : Base Integer Instruction Set (64 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV64I | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| LWU RD, RS1 | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 110 | RD4:0 | 0000011 |
| LD RD, RS1 | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0000011 |
| SD RD, RS1,RS2 | IIIIIII | RS24:0 | RS14:0 | 011 | IIIII | 0000011 |
| SLLI RD, RS1,IMM | 0000000 | IIIII | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0010011 |
| SRLI RD, RS1,IMM | 0000000 | IIIII | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0010011 |
| SRAI RD, RS1,IMM | 0100000 | IIIII | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0010011 |
| ADDIW RD, RS1 | IIIIIII | IIIII | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0011011 |
| SLLIW RD, RS1 | 0000000 | IIIII | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0011011 |
| SRLIW RD, RS1 | 0000000 | IIIII | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0011011 |
| SRAIW RD, RS1 | 0100000 | IIIII | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0011011 |
| ADDW RD, RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0111011 |
| SUBW RD, RS1,RS2 | 0100000 | RS24:0 | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0111011 |
| SLIW RD, RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0111011 |
| SRLW RD, RS1,RS2 | 0000000 | RS24:0 | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0111011 |
| SRAW RD, RS1,RS2 | 0100000 | RS24:0 | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0111011 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V 128

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Extensions

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Standard Extension for Integer Multiply and Divide

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV32M : Standard Extension for Integer Multiply and Divide (32 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV32M : Standard Extension for Integer Multiply and Divide (32 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV32M | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| MUL RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0110011 |
| MULH RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 001 | RD4:0 | 0110011 |
| MULHSU RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0110011 |
| MULHU RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0110011 |
| DIV RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 100 | RD4:0 | 0110011 |
| DIVU RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0110011 |
| REM RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 110 | RD4:0 | 0110011 |
| REMU RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 111 | RD4:0 | 0110011 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV64M : Standard Extension for Integer Multiply and Divide (64 bit)**

RV64M : Standard Extension for Integer Multiply and Divide (64 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV64M | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| MULW RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 000 | RD4:0 | 0111011 |
| DIVW RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 100 | RD4:0 | 0111011 |
| DIVUW RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 101 | RD4:0 | 0111011 |
| REMW RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 110 | RD4:0 | 0111011 |
| REMUW RD,RS1,RS2 | 0000001 | RS24:0 | RS14:0 | 111 | RD4:0 | 0111011 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Standard Extension for Atomic Instructions

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV32A : Standard Extension for Atomic Instructions (32 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV32A : Standard Extension for Atomic Instructions (32 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV32A | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| LR.W AQRL,RD,RS1 | 00010AQRL | 00000 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| SC.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 00011AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOSWAP.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 00001AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOSADD.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 00000AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOSXOR.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 00100AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOOR.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 01000AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOAMD.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 01100AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOMIN.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 10000AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOMAX.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 10100AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOMINU.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 11000AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOMAXU.W AQRL,RD,RS2,RS1 | 11100AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 010 | RD4:0 | 0101111 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV64A : Standard Extension for Atomic Instructions (64 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV64A : Standard Extension for Atomic Instructions (64 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV64A | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| LR.D AQRL,RD,RS1 | 00010AQRL | 00000 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| SC.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 00011AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOSWAP.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 00001AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOSADD.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 00000AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOSXOR.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 00100AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOOR.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 01000AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOAMD.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 01100AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOMIN.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 10000AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOMAX.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 10100AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOMINU.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 11000AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |
| AMOMAXU.D AQRL,RD,RS2,RS1 | 11100AQRL | RS24:0 | RS14:0 | 011 | RD4:0 | 0101111 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Standard Extension for Single-Precision Floating-Point

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV32F : Standard Extension for Single-Precision Floating-Point (32 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV32F : Standard Extension for Single-Precision Floating-Point (32 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV32F | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| FLW FRD,RS1 | IIIIIII | IIIII | FRS1 | 010 | FRD | 0000111 |
| FSW FRS2,RS1 | IIIIIII | FRS2 | FRS1 | 010 | IIIII | 0100111 |
| FMADD.S RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | FRS3\_00 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1000011 |
| FMSUB.S RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | FRS3\_00 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1000111 |
| FNMSUB.S RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | FRS3\_00 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1001011 |
| FNMADD.S RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | FRS3\_00 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1001111 |
| FADD.S RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | 0000000 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FSUB.S RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | 0000100 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FMUL.S RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | 0001000 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FDIV.S RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | 0001100 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FSGNJ.S FRD,FRS1,FRS2 | 0010000 | FRS2 | FRS1 | 000 | FRD | 1010011 |
| FSGNJN.S FRD,FRS1,FRS2 | 0010000 | FRS2 | FRS1 | 001 | FRD | 1010011 |
| FSGNJX.S FRD,FRS1,FRS2 | 0010000 | FRS2 | FRS1 | 010 | FRD | 1010011 |
| FMIN.S FRD,FRS1,FRS2 | 0010100 | FRS2 | FRS1 | 000 | FRD | 1010011 |
| FMAX.S FRD,FRS1,FRS2 | 0010100 | FRS2 | FRS1 | 001 | FRD | 1010011 |
| FSQRT.S FRD,FRS1,FRS2 | 0101100 | 00000 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FLE.S FRD,FRS1,FRS2 | 1010000 | FRS2 | FRS1 | 000 | FRD | 1010011 |
| FLT.S FRD,FRS1,FRS2 | 1010000 | FRS2 | FRS1 | 001 | FRD | 1010011 |
| FEQ.S FRD,FRS1,FRS2 | 1010000 | FRS2 | FRS1 | 010 | FRD | 1010011 |
| FCVT.W.S RM,RD,FRS1 | 1100000 | 00000 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.WU.S RM,RD,FRS1 | 1100000 | 00010 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.S.W RM,RD,FRS1 | 1101000 | 00000 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.S.WU RM,RD,FRS1 | 1101000 | 00010 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FMV.X.S RD,FRS1 | 1110000 | 00000 | FRS1 | 000 | RD | 1010011 |
| FCLASS.S RD,FRS1 | 1110000 | 00000 | FRS1 | 001 | RD | 1010011 |
| FMV.S.X RD,FRS1 | 1111000 | 00000 | RS1 | 000 | FRD | 1010011 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV64F : Standard Extension for Single-Precision Floating-Point (64 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV64F : Standard Extension for Single-Precision Floating-Point (64 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV64F | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| FCVT.L.S RM,RD,FRS1 | 1100000 | 00010 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.LU.S RM,RD,FRS1 | 1100000 | 00011 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.S.L RM,RD,FRS1 | 1101000 | 00010 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.S.LU RM,RD,FRS1 | 1101000 | 00011 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Standard Extension for Double-Precision Floating-Point

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV32D : Standard Extension for Double-Precision Floating-Point (32 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV32D : Standard Extension for Double-Precision Floating-Point (32 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV32F | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| FLW FRD,RS1 | IIIIIII | IIIII | FRS1 | 011 | FRD | 0000111 |
| FSW FRS2,RS1 | IIIIIII | FRS2 | FRS1 | 011 | IIIII | 0100111 |
| FMADD.D RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | FRS3\_01 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1000011 |
| FMSUB.D RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | FRS3\_01 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1000111 |
| FNMSUB.D RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | FRS3\_01 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1001011 |
| FNMADD.D RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | FRS3\_01 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1001111 |
| FADD.D RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | 0000001 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FSUB.D RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | 0000101 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FMUL.D RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | 0001001 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FDIV.D RM,FRD,FRS1,FRS2,FRS3 | 0001101 | FRS2 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FSGNJ.D FRD,FRS1,FRS2 | 0010001 | FRS2 | FRS1 | 000 | FRD | 1010011 |
| FSGNJN.D FRD,FRS1,FRS2 | 0010001 | FRS2 | FRS1 | 001 | FRD | 1010011 |
| FSGNJX.D FRD,FRS1,FRS2 | 0010001 | FRS2 | FRS1 | 010 | FRD | 1010011 |
| FMIN.D FRD,FRS1,FRS2 | 0010101 | FRS2 | FRS1 | 000 | FRD | 1010011 |
| FMAX.D FRD,FRS1,FRS2 | 0010101 | FRS2 | FRS1 | 001 | FRD | 1010011 |
| FSQRT.D FRD,FRS1,FRS2 | 0101101 | 00000 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FLE.D FRD,FRS1,FRS2 | 1010001 | FRS2 | FRS1 | 000 | FRD | 1010011 |
| FLT.D FRD,FRS1,FRS2 | 1010001 | FRS2 | FRS1 | 001 | FRD | 1010011 |
| FEQ.D FRD,FRS1,FRS2 | 1010001 | FRS2 | FRS1 | 010 | FRD | 1010011 |
| FCVT.W.D RM,RD,FRS1 | 1100001 | 00000 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.WU.D RM,RD,FRS1 | 1100001 | 00010 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.D.W RM,RD,FRS1 | 1101001 | 00000 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.D.WU RM,RD,FRS1 | 1101001 | 00010 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCLASS.D RD,FRS1 | 1110001 | 00000 | FRS1 | 001 | RD | 1010011 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**RV64D : Standard Extension for Double-Precision Floating-Point (64 bit)**

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

RV64D : Standard Extension for Double-Precision Floating-Point (64 bit)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| RV64D | 31:25 | 24:20 | 19:15 | 14:12 | 11:7 | 6:0 |
| FCVT.L.D RM,RD,FRS1 | 1100001 | 00010 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.LU.D RM,RD,FRS1 | 1100001 | 00011 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.D.L RM,RD,FRS1 | 1101001 | 00010 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FCVT.D.LU RM,RD,FRS1 | 1101001 | 00011 | FRS1 | RM | FRD | 1010011 |
| FMV.X.D RD,FRS1 | 1110001 | 00000 | FRS1 | 000 | RD | 1010011 |
| FMV.D.X RD,FRS1 | 1111001 | 00000 | RS1 | 000 | FRD | 1010011 |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Modes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V User

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V Supervisor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V Hypervisor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### OpenRISC ISA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Bases

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC 32

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC 64

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Extensions

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Modes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC User

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC Supervisor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC Hypervisor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### MSP430 ISA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Bases

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 16

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Extensions

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### ISA Modes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 User

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 Supervisor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 Hypervisor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

# METHODOLOGY

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

* Hardware Project Workflow

Hardware Project Workflow

Hardware Project Workflow

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

* Software Project Workflow

Software Project Workflow

Software Project Workflow

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Hardware DevOps

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CONTROL | DEVELOP | OPERATION |
| certification | bench | sim |
| doc | model | compilation/synthesis |
| quality | osvvm/uvm |  |
| requirements | rtl |  |
|  | software |  |
|  | src |  |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Requirements

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

UML Diagrams Overview

UML Diagrams Overview

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Structural UML diagrams

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Class diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Component diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Composite diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Deployment diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Object diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Package diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Profile diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Behavioral UML diagrams

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Activity diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Communication diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Interaction diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Sequence diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### State diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Timing diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Use diagram

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Software

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Matlab Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Rust Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Source

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Ada Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Hardware Model

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### VHDL Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Verilog Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Software Model

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C++ Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Go Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Hardware Validation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### VHDL Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Verilog Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Software Validation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C++ Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Go Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Hardware Design

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### VHDL Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Verilog Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Software Design

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C++ Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Go Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Hardware Verification

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### OSVVM-VHDL

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Overview

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### The Typical OSVVM Testbench Architecture

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

OSVVM Diagram Overview

OSVVM Diagram Overview

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### OSVVM Testbench

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### OSVVM Checker

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### OSVVM Stimulus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### The OSVVM Class Library

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Transaction-Level Modeling (TLM)

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Developing Reusable Verification Components

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Using Verification Components

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Using the Register Layer Classes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Advanced Topics

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### UBus Verification Component Example

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### UBus Specification

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### UVM-Verilog

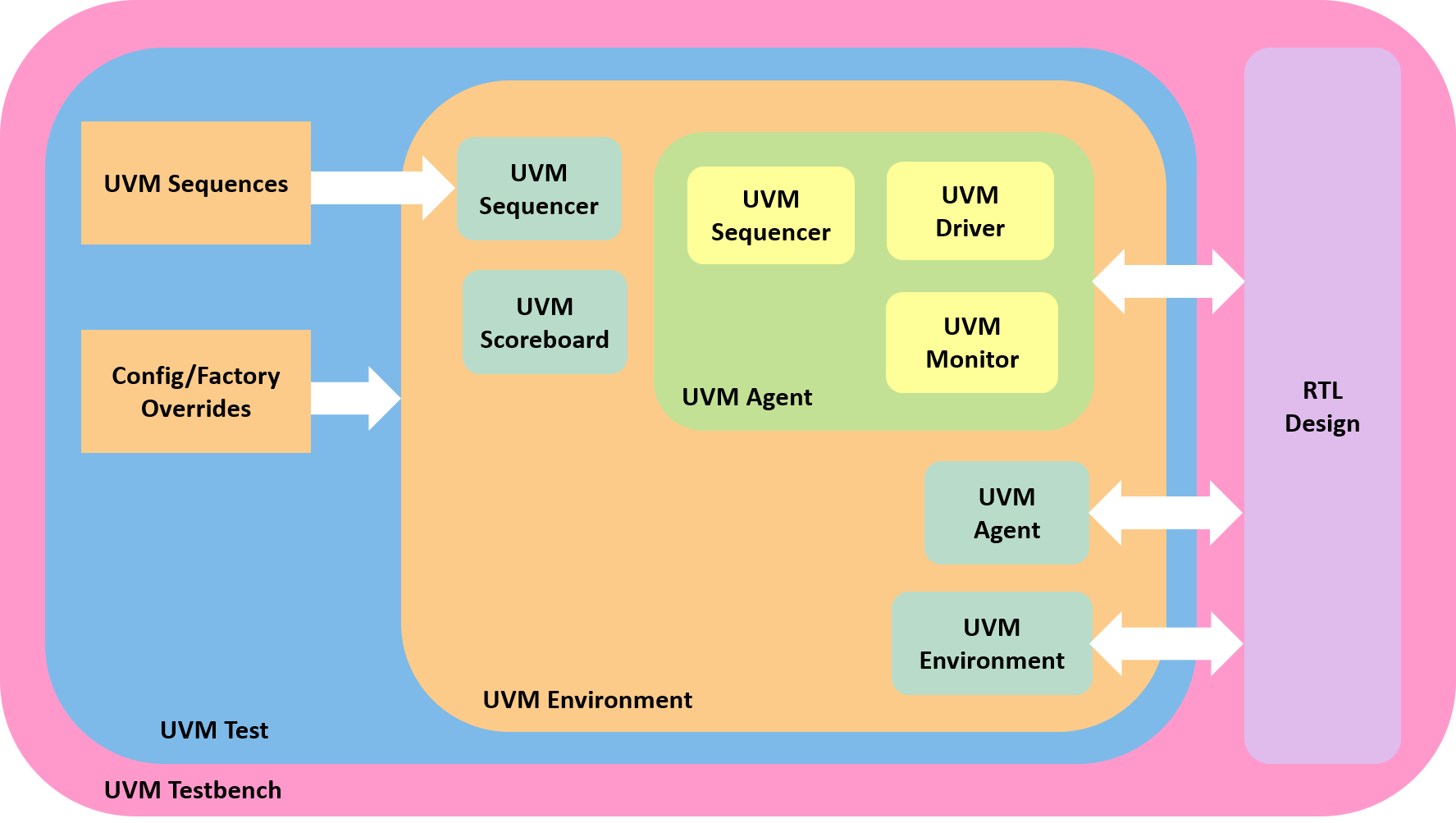
.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Overview

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### The Typical UVM Testbench Architecture

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..



UVM Diagram Overview

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Testbench

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Test

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Environment

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Scoreboard

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Agent

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Sequencer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Sequence

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Driver

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM Monitor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### The UVM Class Library

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Transaction-Level Modeling (TLM)

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Overview

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### TLM, TLM-1, and TLM-2.0

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### TLM-1 Implementation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Basics

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Encapsulation and Hierarchy

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Analysis Communication

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### TLM-2.0 Implementation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Generic Payload

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Core Interfaces and Ports

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Blocking Transport

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Nonblocking Transport

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Sockets

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Time

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Use Models

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Developing Reusable Verification Components

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Modeling Data Items for Generation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Inheritance and Constraint Layering

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Defining Control Fields (“Knobs”)

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Transaction-Level Components

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating the Driver

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating the Sequencer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Connecting the Driver and Sequencer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Basic Sequencer and Driver Interaction

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Querying for the Randomized Item

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Fetching Consecutive Randomized Items

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Sending Processed Data back to the Sequencer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Using TLM-Based Drivers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating the Monitor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Instantiating Components

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating the Agent

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Operating Modes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Connecting Components

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating the Environment

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### The Environment Class

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Invoking build\_phase

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Enabling Scenario Creation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Declaring User-Defined Sequences

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Sending Subsequences and Sequence Items

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Starting a Sequence on a Sequencer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Overriding Sequence Items and Sequences

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Managing End of Test

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Implementing Checks and Coverage

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Implementing Checks and Coverage in Classes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Implementing Checks and Coverage in Interfaces

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Controlling Checks and Coverage

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Using Verification Components

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating a Top-Level Environment

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Instantiating Verification Components

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating Test Classes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Verification Component Configuration

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Verification Component Configurable Parameters

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Verification Component Configuration Mechanism

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Choosing between uvm\_resource\_db and uvm\_config\_db

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Using a Configuration Class

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating and Selecting a User-Defined Test

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Creating the Base Test

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Creating Tests from a Test-Family Base Class

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Test Selection

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Creating Meaningful Tests

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Constraining Data Items

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Data Item Definitions

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Creating a Test-Specific Frame

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Virtual Sequences

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Creating a Virtual Sequencer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Creating a Virtual Sequence

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Controlling Other Sequencers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Connecting a Virtual Sequencer to Subsequencers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Checking for DUT Correctness

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Scoreboards

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Creating the Scoreboard

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Adding Exports to uvm\_scoreboard

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Requirements of the TLM Implementation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Defining the Action Taken

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Adding the Scoreboard to the Environment

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Summary

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Implementing a Coverage Model.

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Selecting a Coverage Method

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Implementing a Functional Coverage Model

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Enabling and Disabling Coverage

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Using the Register Layer Classes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Overview

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Usage Model

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Mirroring

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Memories are not Mirrored

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Access API

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### read / write

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### peek / poke

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### get / set

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### randomize

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### update

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### mirror

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Concurrent Accesses

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Coverage Models

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Predefined Coverage Identifiers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Controlling Coverage Model Construction and Sampling

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Constructing a Register Model

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Field Types

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Register Types

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Register File Types

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Memory Types

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Block Types

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Packaging a Register Model

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Maximum Data Size

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Back-door Access

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Back-door read/write vs. peek/poke

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Hierarchical HDL Paths

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### VPI-based Back-door Access

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### User-defined Back-door Access

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Back-door Access for Protected Memories

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Active Monitoring

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Special Registers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Pre-defined Special Registers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Unmapped Registers and Memories

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Aliased Registers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Unimplemented Registers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### RO and WO Registers Sharing the Same Address

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Integrating a Register Model in a Verification Environment

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Integrating a Register Model

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Transaction Adapter

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Integrating Bus Sequencers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Integrating the Register Model with a Bus Monitor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Randomizing Field Values

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Pre-defined Sequences

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Advanced Topics

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### The uvm\_component Base Class

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### The Built-In Factory and Overrides

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### About the Factory

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Factory Registration

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Component Overrides

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Callbacks

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Use Model

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Example

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### The Sequence Library

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Advanced Sequence Control

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Implementing Complex Scenarios

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Protocol Layering

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Generating the Item or Sequence in Advance

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Executing Sequences and Items on other Sequencers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Command Line Interface (CLI)

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Introduction

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Getting Started

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### UVM-aware Command Line Processing

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Macros in UVM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### UBus Verification Component Example

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Example

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Example Architecture

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Top Module

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### The Test

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Testbench Environment

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Environment

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Master Agent

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Master Sequencer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Driver

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Agent Monitor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Bus Monitor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Collecting Transfers from the Bus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Number of Transfers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Notifiers Emitted by the UBus Bus Monitor

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Checks and Coverage

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### UBus Interface

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### UBus Specification

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Introduction

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Motivation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Bus Overview

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Bus Description

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Bus Signals

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Clocking

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Reset

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Arbitration Phase

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Address Phase

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### NOP Cycle

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Normal Address Phase

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Data Phase

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Write Transfer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Error during Write Transfer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Read Transfer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Error during Read Transfer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### How Data is Driven

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Optional Pipelining Scheme

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Pipelined Arbitration Phase

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Pipelined Address Phase

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Pipelined Data Phase

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Example Timing Diagrams

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Software Verification

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### C++ Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Go Language

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Quality

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Certification

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## Documentation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

# PROJECTS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## INTERFACE

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Instruction Cache

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Instruction Inputs/Outputs AMBA4 AXI-Lite Bus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Signals of the Read and Write Address channels

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Signals of the Read and Write Address channels

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Write Port | Read Port | Size | Direction | Description |
| AWID | ARID | AXI\_ID\_WIDTH | Output | Address ID, to identify multiple streams |
| AWADDR | ARADDR | AXI\_ADDR\_WIDTH | Output | Address of the first beat of the burst |
| AWLEN | ARLEN | 8 | Output | Number of beats inside the burst |
| AWSIZE | ARSIZE | 3 | Output | Size of each beat |
| AWBURST | ARBURST | 2 | Output | Type of the burst |
| AWLOCK | ARLOCK | 1 | Output | Lock type, to provide atomic operations |
| AWCACHE | ARCACHE | 4 | Output | Memory type, progress through the system |
| AWPROT | ARPROT | 3 | Output | Protection type |
| AWQOS | ARQOS | 4 | Output | Quality of Service of the transaction |
| AWREGION | ARREGION | 4 | Output | Region identifier, physical to logical |
| AWUSER | ARUSER | AXI\_USER\_WIDTH | Output | User-defined data |
| AWVALID | ARVALID | 1 | Output | xVALID handshake signal |
| AWREADY | ARREADY | 1 | Input | xREADY handshake signal |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Signals of the Read and Write Data channels

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Signals of the Read and Write Data channels

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Write Port | Read Port | Size | Direction | Description |
| WID | RID | AXI\_ID\_WIDTH | Output | Data ID, to identify multiple streams |
| WDATA | RDATA | AXI\_DATA\_WIDTH | Output | Read/Write data |
| -- | RRESP | 2 | Output | Read response, current RDATA status |
| WSTRB | -- | AXI\_STRB\_WIDTH | Output | Byte strobe, WDATA signal |
| WLAST | RLAST | 1 | Output | Last beat identifier |
| WUSER | RUSER | AXI\_USER\_WIDTH | Output | User-defined data |
| WVALID | RVALID | 1 | Output | xVALID handshake signal |
| WREADY | RREADY | 1 | Input | xREADY handshake signal |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Signals of the Write Response channel

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Signals of the Write Response channel

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Write Port | Size | Direction | Description |
| BID | AXI\_ID\_WIDTH | Input | Write response ID, to identify multiple streams |
| BRESP | 2 | Input | Write response, to specify the burst status |
| BUSER | AXI\_USER\_WIDTH | Input | User-defined data |
| BVALID | 1 | Input | xVALID handshake signal |
| BREADY | 1 | Output | xREADY handshake signal |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Instruction Inputs/Outputs AMBA3 AHB-Lite Bus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Instruction Inputs/Outputs AMBA3 AHB-Lite Bus

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Port | Size | Direction | Description |
| HRESETn | 1 | Input | Asynchronous Active Low Reset |
| HCLK | 1 | Input | System Clock Input |
|  |  |  |  |
| IHSEL | 1 | Output | Instruction Bus Select |
| IHADDR | PLEN | Output | Instruction Address Bus |
| IHRDATA | XLEN | Input | Instruction Read Data Bus |
| IHWDATA | XLEN | Output | Instruction Write Data Bus |
| IHWRITE | 1 | Output | Instruction Write Select |
| IHSIZE | 3 | Output | Instruction Transfer Size |
| IHBURST | 3 | Output | Instruction Transfer Burst Size |
| IHPROT | 4 | Output | Instruction Transfer Protection Level |
| IHTRANS | 2 | Output | Instruction Transfer Type |
| IHMASTLOCK | 1 | Output | Instruction Transfer Master Lock |
| IHREADY | 1 | Input | Instruction Slave Ready Indicator |
| IHRESP | 1 | Input | Instruction Transfer Response |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Instruction Inputs/Outputs Wishbone Bus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Instruction Inputs/Outputs Wishbone Bus

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Port | Size | Direction | Description |
| rst | 1 | Input | Synchronous Active High Reset |
| clk | 1 | Input | System Clock Input |
|  |  |  |  |
| iadr | AW | Input | Instruction Address Bus |
| idati | DW | Input | Instruction Input Bus |
| idato | DW | Output | Instruction Output Bus |
| isel | DW/8 | Input | Byte Select Signals |
| iwe | 1 | Input | Write Enable Input |
| istb | 1 | Input | Strobe Signal/Core Select Input |
| icyc | 1 | Input | Valid Bus Cycle Input |
| iack | 1 | Output | Bus Cycle Acknowledge Output |
| ierr | 1 | Output | Bus Cycle Error Output |
| iint | 1 | Output | Interrupt Signal Output |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Data Cache

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Data Inputs/Outputs AMBA4 AXI-Lite Bus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Signals of the Read and Write Address channels

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Signals of the Read and Write Address channels

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Write Port | Read Port | Size | Direction | Description |
| AWID | ARID | AXI\_ID\_WIDTH | Output | Address ID, to identify multiple streams |
| AWADDR | ARADDR | AXI\_ADDR\_WIDTH | Output | Address of the first beat of the burst |
| AWLEN | ARLEN | 8 | Output | Number of beats inside the burst |
| AWSIZE | ARSIZE | 3 | Output | Size of each beat |
| AWBURST | ARBURST | 2 | Output | Type of the burst |
| AWLOCK | ARLOCK | 1 | Output | Lock type, to provide atomic operations |
| AWCACHE | ARCACHE | 4 | Output | Memory type, progress through the system |
| AWPROT | ARPROT | 3 | Output | Protection type |
| AWQOS | ARQOS | 4 | Output | Quality of Service of the transaction |
| AWREGION | ARREGION | 4 | Output | Region identifier, physical to logical |
| AWUSER | ARUSER | AXI\_USER\_WIDTH | Output | User-defined data |
| AWVALID | ARVALID | 1 | Output | xVALID handshake signal |
| AWREADY | ARREADY | 1 | Input | xREADY handshake signal |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Signals of the Read and Write Data channels

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Signals of the Read and Write Data channels

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Write Port | Read Port | Size | Direction | Description |
| WID | RID | AXI\_ID\_WIDTH | Output | Data ID, to identify multiple streams |
| WDATA | RDATA | AXI\_DATA\_WIDTH | Output | Read/Write data |
| -- | RRESP | 2 | Output | Read response, current RDATA status |
| WSTRB | -- | AXI\_STRB\_WIDTH | Output | Byte strobe, WDATA signal |
| WLAST | RLAST | 1 | Output | Last beat identifier |
| WUSER | RUSER | AXI\_USER\_WIDTH | Output | User-defined data |
| WVALID | RVALID | 1 | Output | xVALID handshake signal |
| WREADY | RREADY | 1 | Input | xREADY handshake signal |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Signals of the Write Response channel

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Signals of the Write Response channel

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Write Port | Size | Direction | Description |
| BID | AXI\_ID\_WIDTH | Input | Write response ID, to identify multiple streams |
| BRESP | 2 | Input | Write response, to specify the burst status |
| BUSER | AXI\_USER\_WIDTH | Input | User-defined data |
| BVALID | 1 | Input | xVALID handshake signal |
| BREADY | 1 | Output | xREADY handshake signal |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Data Inputs/Outputs AMBA3 AHB-Lite Bus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Inputs/Outputs AMBA3 AHB-Lite Bus

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Port | Size | Direction | Description |
| HRESETn | 1 | Input | Asynchronous Active Low Reset |
| HCLK | 1 | Input | System Clock Input |
|  |  |  |  |
| DHSEL | 1 | Output | Data Bus Select |
| DHADDR | PLEN | Output | Data Address Bus |
| DHRDATA | XLEN | Input | Data Read Data Bus |
| DHWDATA | XLEN | Output | Data Write Data Bus |
| DHWRITE | 1 | Output | Data Write Select |
| DHSIZE | 3 | Output | Data Transfer Size |
| DHBURST | 3 | Output | Data Transfer Burst Size |
| DHPROT | 4 | Output | Data Transfer Protection Level |
| DHTRANS | 2 | Output | Data Transfer Type |
| DHMASTLOCK | 1 | Output | Data Transfer Master Lock |
| DHREADY | 1 | Input | Data Slave Ready Indicator |
| DHRESP | 1 | Input | Data Transfer Response |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Data Inputs/Outputs Wishbone Bus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Inputs/Outputs Wishbone Bus

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Port | Size | Direction | Description |
| rst | 1 | Input | Synchronous Active High Reset |
| clk | 1 | Input | System Clock Input |
|  |  |  |  |
| dadr | AW | Input | Data Address Bus |
| ddati | DW | Input | Data Input Bus |
| ddato | DW | Output | Data Output Bus |
| dsel | DW/8 | Input | Byte Select Signals |
| dwe | 1 | Input | Write Enable Input |
| dstb | 1 | Input | Strobe Signal/Core Select Input |
| dcyc | 1 | Input | Valid Bus Cycle Input |
| dack | 1 | Output | Bus Cycle Acknowledge Output |
| derr | 1 | Output | Bus Cycle Error Output |
| dint | 1 | Output | Interrupt Signal Output |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## FUNCTIONALITY

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Structure

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Computing Classes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

class traditional\_classes {  
 private:  
 int number\_pu;  
 int number\_soc;  
 int number\_mpsoc;  
  
 public:  
 void traditional\_method\_0(); // method 0  
 void traditional\_method\_1(); // method 1  
 void traditional\_method\_2(); // method 2  
 void traditional\_method\_3(); // method 3  
};

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Philosophers Traditional T-DNC/NTM-MPSoC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

class traditional\_philosophers : private traditional\_classes {  
 private:  
 int number\_p\_pu;  
 int number\_p\_soc;  
 int number\_p\_mpsoc;  
  
 public:  
 void traditional\_method\_p0(); // method 0  
 void traditional\_method\_p1(); // method 1  
 void traditional\_method\_p2(); // method 2  
 void traditional\_method\_p3(); // method 3  
};

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Soldiers Traditional T-DNC/NTM-MPSoC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

class traditional\_soldiers : private traditional\_classes {  
 private:  
 int number\_s\_pu;  
 int number\_s\_soc;  
 int number\_s\_mpsoc;  
  
 public:  
 void traditional\_method\_s0(); // method 0  
 void traditional\_method\_s1(); // method 1  
 void traditional\_method\_s2(); // method 2  
 void traditional\_method\_s3(); // method 3  
};

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Workers Traditional T-DNC/NTM-MPSoC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

class traditional\_workers : private traditional\_classes {  
 private:  
 int number\_w\_pu;  
 int number\_w\_soc;  
 int number\_w\_mpsoc;  
  
 public:  
 void traditional\_method\_w0(); // method 0  
 void traditional\_method\_w1(); // method 1  
 void traditional\_method\_w2(); // method 2  
 void traditional\_method\_w3(); // method 3  
};

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Quantum Computing Classes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

class quantum\_classes {  
 private:  
 int number\_pu;  
 int number\_soc;  
 int number\_mpsoc;  
  
 public:  
 void quantum\_method\_0(); // method 0  
 void quantum\_method\_1(); // method 1  
 void quantum\_method\_2(); // method 2  
 void quantum\_method\_3(); // method 3  
};

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Philosophers Quantum T-DNC/NTM-MPSoC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

class quantum\_philosophers : private quantum\_classes {  
 private:  
 int number\_p\_pu;  
 int number\_p\_soc;  
 int number\_p\_mpsoc;  
  
 public:  
 void quantum\_method\_p0(); // method 0  
 void quantum\_method\_p1(); // method 1  
 void quantum\_method\_p2(); // method 2  
 void quantum\_method\_p3(); // method 3  
};

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Soldiers Quantum T-DNC/NTM-MPSoC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

class quantum\_soldiers : private quantum\_classes {  
 private:  
 int number\_s\_pu;  
 int number\_s\_soc;  
 int number\_s\_mpsoc;  
  
 public:  
 void quantum\_method\_s0(); // method 0  
 void quantum\_method\_s1(); // method 1  
 void quantum\_method\_s2(); // method 2  
 void quantum\_method\_s3(); // method 3  
};

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Workers Quantum T-DNC/NTM-MPSoC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

class quantum\_workers : private quantum\_classes {  
 private:  
 int number\_w\_pu;  
 int number\_w\_soc;  
 int number\_w\_mpsoc;  
  
 public:  
 void quantum\_method\_w0(); // method 0  
 void quantum\_method\_w1(); // method 1  
 void quantum\_method\_w2(); // method 2  
 void quantum\_method\_w3(); // method 3  
};

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Behavior

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Neural Turing Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-x86  
./PU-x86.run

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-RISCV  
spike pk PU-riscv.elf

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-x86  
./SoC-x86.run

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-RISCV  
spike pk SoC-riscv.elf

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-x86  
./MPSoC-x86.run

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-RISCV  
spike pk MPSoC-riscv.elf

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Differentiable Neural Computer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-x86  
./PU-x86.run

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-RISCV  
spike pk PU-riscv.elf

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-x86  
./SoC-x86.run

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-RISCV  
spike pk SoC-riscv.elf

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MPSoC-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-x86  
./MPSoC-x86.run

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

source BUILD-RISCV  
spike pk MPSoC-riscv.elf

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## REGISTERS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Neural Turing Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-DV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Mach

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-DV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MPSoC-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Differentiable Neural Computer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### PU-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-DV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Mach

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### SoC-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-DV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MPSoC-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MPSoC-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## INTERRUPTIONS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Neural Turing Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### PU-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-DV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Mach

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### SoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-DV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MPSoC-NTM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MPSoC-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Differentiable Neural Computer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### PU-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-DV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### PU-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### PU-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Mach

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### SoC-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-DV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### SoC-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### SoC-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MPSoC-DNC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-OR1K

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### MPSoC-RISCV

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MPSoC-RTOS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Hurd

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### GNU Linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

# ORGANIZATION

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## TRADITIONAL COMPUTING

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Mechanics

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### First Newton Law

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Second Newton Law

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Third Newton Law

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Information

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Bit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Logic Gate

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional YES/NOT Gate

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional AND/NAND Gate

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional OR/NOR Gate

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional XOR/XNOR Gate

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Combinational Logic

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Arithmetic Circuits

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Logic Circuits

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Finite State Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Pushdown Automaton

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Neural Network

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Feedforward Neural Network

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Long Short Term Memory Neural Network

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Transformer Neural Network

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Turing Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Neural Turing Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Feedforward Neural Turing Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional LSTM Neural Turing Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Transformer Neural Turing Machine

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Differentiable Neural Computer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Feedforward Differentiable Neural Computer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional LSTM Differentiable Neural Computer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Transformer Differentiable Neural Computer

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Computer Architecture

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional von Neumann Architecture

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Control Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional ALU

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Memory Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional I/O Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Harvard Architecture

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Control Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional ALU

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Memory Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional I/O Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Advanced Computer Architecture

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Processing Unit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional SISD

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional SIMD

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional MISD

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional MIMD

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional System on Chip

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Bus on Chip

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Traditional Network on Chip

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traditional Multi-Processor System on Chip

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## TRADITIONAL CLASSES

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Philosophers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Soldier

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Traditional Workers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

# WORKFLOW

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## HARDWARE WORKFLOW

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**1. System Level (SystemC/SystemVerilog)**

The System Level abstraction of a system only looks at its biggest building blocks like processing units or peripheral devices. At this level the circuit is usually described using traditional programming languages like SystemC or SystemVerilog. Sometimes special software libraries are used that are aimed at simulation circuits on the system level. The IEEE 1685-2009 standard defines the IP-XACT file format that can be used to represent designs on the system level and building blocks that can be used in such system level designs.

**2. Behavioral & Register Transfer Level (VHDL/Verilog)**

At the Behavioural Level abstraction a language aimed at hardware description such as Verilog or VHDL is used to describe the circuit, but so-called behavioural modeling is used in at least part of the circuit description. In behavioural modeling there must be a language feature that allows for imperative programming to be used to describe data paths and registers. This is the always -block in Verilog and the process -block in VHDL.

A design in Register Transfer Level representation is usually stored using HDLs like Verilog and VHDL. But only a very limited subset of features is used, namely minimalistic always blocks (Verilog) or process blocks (VHDL) that model the register type used and unconditional assignments for the datapath logic. The use of HDLs on this level simplifies simulation as no additional tools are required to simulate a design in Register Transfer Level representation.

**3. Logical Gate**

At the Logical Gate Level the design is represented by a netlist that uses only cells from a small number of single-bit cells, such as basic logic gates (AND, OR, NOT, XOR, etc.) and registers (usually D-Type Flip-flops). A number of netlist formats exists that can be used on this level such as the Electronic Design Interchange Format (EDIF), but for ease of simulation often a HDL netlist is used. The latter is a HDL file (Verilog or VHDL) that only uses the most basic language constructs for instantiation and connecting of cells.

**4. Physical Gate**

On the Physical Gate Level only gates are used that are physically available on the target architecture. In some cases this may only be NAND, NOR and NOT gates as well as D-Type registers. In the case of an FPGA-based design the Physical Gate Level representation is a netlist of LUTs with optional output registers, as these are the basic building blocks of FPGA logic cells.

**5. Switch Level**

A Switch Level representation of a circuit is a netlist utilizing single transistors as cells. Switch Level modeling is possible in Verilog and VHDL, but is seldom used in modern designs, as in modern digital ASIC or FPGA flows the physical gates are considered the atomic build blocks of the logic circuit.

1. Settings → Apps → Apps & features → Related settings, Programs and Features → Turn Windows features on or off → Windows Subsystem for Linux
2. Microsoft Store → INSTALL UBUNTU

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Front-End and Back-End Library type:

sudo apt update  
sudo apt upgrade  
  
sudo apt install bison cmake flex freeglut3-dev libcairo2-dev libgsl-dev \  
libncurses-dev libx11-dev m4 python-tk python3-tk swig tcl tcl-dev tk-dev tcsh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Synthesizer Library type:

sudo apt update  
sudo apt upgrade

sudo apt -y install build-essential clang bison flex \  
libreadline-dev gawk tcl-dev libffi-dev git make gnat \  
graphviz xdot pkg-config python3 libboost-system-dev \  
libboost-python-dev libboost-filesystem-dev zlib1g-dev

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Front-End Open Source Tools

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Front-End

Front-End

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Modeling System Level of Hardware

*A System Description Language Editor is a computer tool that allows to generate software code. A System Description Language is a formal language, which comprises a Programming Language (input), producing a Hardware Description (output). Programming languages are used in computer programming to implement algorithms. The description of a programming language is split into the two components of syntax (form) and semantics (meaning).*

**System Description Language Editor**

type:

git clone https://github.com/emacs-mirror/emacs

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Simulating System Level of Hardware

*A System Description Language Simulator (translator) is a computer program that translates computer code written in a Programming Language (the source language) into a Hardware Description Language (the target language). The compiler is primarily used for programs that translate source code from a high-level programming language to a low-level language to create an executable program.*

**SystemVerilog System Description Language Simulator**

type:

git clone http://git.veripool.org/git/verilator  
  
cd verilator  
autoconf  
./configure  
make  
sudo make install

cd sim/verilog/regression/wb/vtor  
source simulate.sh

cd sim/verilog/regression/ahb3/vtor  
source simulate.sh

cd sim/verilog/regression/axi4/vtor  
source simulate.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Verifying System Level of Hardware

*A UVM standard improves interoperability and reduces the cost of repurchasing and rewriting IP for each new project or Electronic Design Automation tool. It also makes it easier to reuse verification components. The UVM Class Library provides generic utilities, such as component hierarchy, Transaction Library Model or configuration database, which enable the user to create virtually any structure wanted for the testbench.*

**SystemVerilog System Description Language Verifier**

type:

git clone https://github.com/QueenField/UVM

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Describing Register Transfer Level of Hardware

*A Hardware Description Language Editor is any editor that allows to generate hardware code. Hardware Description Language is a specialized computer language used to describe the structure and behavior of digital logic circuits. It allows for the synthesis of a HDL into a netlist, which can then be synthesized, placed and routed to produce the set of masks used to create an integrated circuit.*

**Hardware Description Language Editor**

type:

git clone https://github.com/emacs-mirror/emacs

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Simulating Register Transfer Level of Hardware

*A Hardware Description Language Simulator uses mathematical models to replicate the behavior of an actual hardware device. Simulation software allows for modeling of circuit operation and is an invaluable analysis tool. Simulating a circuit’s behavior before actually building it can greatly improve design efficiency by making faulty designs known as such, and providing insight into the behavior of electronics circuit designs.*

**VHDL Hardware Description Language Simulator**

type:

git clone https://github.com/ghdl/ghdl  
  
cd ghdl  
./configure --prefix=/usr/local  
make  
sudo make install

cd sim/vhdl/regression/wb/ghdl  
source simulate.sh

cd sim/vhdl/regression/ahb3/ghdl  
source simulate.sh

cd sim/vhdl/regression/axi4/ghdl  
source simulate.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Verilog Hardware Description Language Simulator**

type:

git clone https://github.com/steveicarus/iverilog  
  
cd iverilog  
sh autoconf.sh  
./configure  
make  
sudo make install

cd sim/verilog/regression/wb/iverilog  
source simulate.sh

cd sim/verilog/regression/ahb3/iverilog  
source simulate.sh

cd sim/verilog/regression/axi4/iverilog  
source simulate.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Synthesizing Register Transfer Level of Hardware

*A Hardware Description Language Synthesizer turns a RTL implementation into a Logical Gate Level implementation. Logical design is a step in the standard design cycle in which the functional design of an electronic circuit is converted into the representation which captures logic operations, arithmetic operations, control flow, etc. In EDA parts of the logical design is automated using synthesis tools based on the behavioral description of the circuit.*

**Verilog Hardware Description Language Synthesizer**

type:

git clone https://github.com/YosysHQ/yosys  
  
cd yosys  
make  
sudo make install

cd synthesis/yosys  
source synthesize.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**VHDL Hardware Description Language Synthesizer**

type for Plugin:

git clone https://github.com/ghdl/ghdl-yosys-plugin  
  
cd ghdl-yosys-plugin  
make GHDL=/usr/local  
sudo yosys-config --exec mkdir -p --datdir/plugins  
sudo yosys-config --exec cp "ghdl.so" --datdir/plugins/ghdl.so

cd synthesis/yosys  
source synthesize.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Optimizing Register Transfer Level of Hardware

*A Hardware Description Language Optimizer finds an equivalent representation of the specified logic circuit under specified constraints (minimum area, pre-specified delay). This tool combines scalable logic optimization based on And-Inverter Graphs (AIGs), optimal-delay DAG-based technology mapping for look-up tables and standard cells, and innovative algorithms for sequential synthesis and verification.*

**Verilog Hardware Description Language Optimizer**

type:

git clone https://github.com/YosysHQ/yosys  
  
cd yosys  
make  
sudo make install

cd synthesis/yosys  
source synthesize.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Verifying Register Transfer Level of Hardware

*A Hardware Description Language Verifier proves or disproves the correctness of intended algorithms underlying a hardware system with respect to a certain formal specification or property, using formal methods of mathematics. Formal verification uses modern techniques (SAT/SMT solvers, BDDs, etc.) to prove correctness by essentially doing an exhaustive search through the entire possible input space (formal proof).*

**Verilog Hardware Description Language Verifier**

type:

git clone https://github.com/YosysHQ/SymbiYosys

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Back-End Open Source Tools

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Back-End

Back-End

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Library**

type:

sudo apt update  
sudo apt upgrade  
  
sudo apt install bison cmake flex freeglut3-dev libcairo2-dev libgsl-dev \  
libncurses-dev libx11-dev m4 python-tk python3-tk swig tcl tcl-dev tk-dev tcsh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Back-End Workflow Qflow**

type:

git clone https://github.com/RTimothyEdwards/qflow  
  
cd qflow  
./configure  
make  
sudo make install

mkdir qflow  
cd qflow

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Planning Switch Level of Hardware

*A Floor-Planner of an Integrated Circuit (IC) is a schematic representation of tentative placement of its major functional blocks. In modern electronic design process floor-plans are created during the floor-planning design stage, an early stage in the hierarchical approach to Integrated Circuit design. Depending on the design methodology being followed, the actual definition of a floor-plan may differ.*

**Floor-Planner**

type:

git clone https://github.com/RTimothyEdwards/magic  
  
cd magic  
./configure  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Placing Switch Level of Hardware

*A Standard Cell Placer takes a given synthesized circuit netlist together with a technology library and produces a valid placement layout. The layout is optimized according to the aforementioned objectives and ready for cell resizing and buffering, a step essential for timing and signal integrity satisfaction. Physical design flow are iterated a number of times until design closure is achieved.*

**Standard Cell Placer**

type:

git clone https://github.com/rubund/graywolf  
  
cd graywolf  
mkdir build  
cd build  
cmake ..  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Timing Switch Level of Hardware

*A Standard Cell Timing-Analizer is a simulation method of computing the expected timing of a digital circuit without requiring a simulation of the full circuit. High-performance integrated circuits have traditionally been characterized by the clock frequency at which they operate. Measuring the ability of a circuit to operate at the specified speed requires an ability to measure, during the design process, its delay at numerous steps.*

**Standard Cell Timing-Analizer**

type:

git clone https://github.com/The-OpenROAD-Project/OpenSTA  
  
cd OpenSTA  
mkdir build  
cd build  
cmake ..  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Routing Switch Level of Hardware

*A Standard Cell Router takes pre-existing polygons consisting of pins on cells, and pre-existing wiring called pre-routes. Each of these polygons are associated with a net. The primary task of the router is to create geometries such that all terminals assigned to the same net are connected, no terminals assigned to different nets are connected, and all design rules are obeyed.*

**Standard Cell Router**

type:

git clone https://github.com/RTimothyEdwards/qrouter  
  
cd qrouter  
./configure  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Simulating Switch Level of Hardware

*A Standard Cell Simulator treats transistors as ideal switches. Extracted capacitance and lumped resistance values are used to make the switch a little bit more realistic than the ideal, using the RC time constants to predict the relative timing of events. This simulator represents a circuit in terms of its exact transistor structure but describes the electrical behavior in a highly idealized way.*

**Standard Cell Simulator**

type:

git clone https://github.com/RTimothyEdwards/irsim  
  
cd irsim  
./configure  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Verifying Switch Level of Hardware LVS

*A Standard Cell Verifier compares netlists, a process known as LVS (Layout vs. Schematic). This step ensures that the geometry that has been laid out matches the expected circuit. The greatest need for LVS is in large analog or mixed-signal circuits that cannot be simulated in reasonable time. LVS can be done faster than simulation, and provides feedback that makes it easier to find errors.*

**Standard Cell Verifier**

type:

git clone https://github.com/RTimothyEdwards/netgen  
  
cd netgen  
./configure  
make  
sudo make install

cd synthesis/qflow  
source flow.sh

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Checking Switch Level of Hardware DRC

*A Standard Cell Checker is a geometric constraint imposed on Printed Circuit Board (PCB) and Integrated Circuit (IC) designers to ensure their designs function properly, reliably, and can be produced with acceptable yield. Design Rules for production are developed by hardware engineers based on the capability of their processes to realize design intent. Design Rule Checking (DRC) is used to ensure that designers do not violate design rules.*

**Standard Cell Checker**

type:

git clone https://github.com/RTimothyEdwards/magic  
  
cd magic  
./configure  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Printing Switch Level of Hardware GDS

*A Standard Cell Editor allows to print a set of standard cells. The standard cell methodology is an abstraction, whereby a low-level VLSI layout is encapsulated into a logical representation. A standard cell is a group of transistor and interconnect structures that provides a boolean logic function (AND, OR, XOR, XNOR, inverters) or a storage function (flipflop or latch).*

**Standard Cell Editor**

type:

git clone https://github.com/RTimothyEdwards/magic  
  
cd magic  
./configure  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## SOFTWARE WORKFLOW

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Back-End Open Source Tools

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

sudo apt install autoconf automake autotools-dev curl python3 libmpc-dev \  
libmpfr-dev libgmp-dev gawk build-essential bison flex texinfo gperf \  
libtool patchutils bc zlib1g-dev libexpat-dev

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 GNU C/C++

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### MSP430 GNU Go

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### OpenRISC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC GNU C/C++

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### OpenRISC GNU Go

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### RISC-V

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V GNU C/C++

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

git clone --recursive https://github.com/riscv/riscv-gnu-toolchain  
  
cd riscv-gnu-toolchain  
  
./configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc  
sudo make clean  
sudo make  
  
./configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc  
sudo make clean  
sudo make linux  
  
./configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc --enable-multilib  
sudo make clean  
sudo make linux

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### RISC-V GNU Go

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

git clone --recursive https://go.googlesource.com/go riscv-go  
cd riscv-go/src  
./all.bash  
cd ../..  
sudo mv riscv-go /opt

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Front-End Open Source Tools

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### MSP430

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Hardware Engineers Compiler

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Software Engineers Compiler

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### OpenRISC

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Hardware Engineers Compiler

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Software Engineers Compiler

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### RISC-V

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

sudo apt install device-tree-compiler libglib2.0-dev libpixman-1-dev pkg-config

##### Hardware Engineers Compiler: Spike

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Building Proxy Kernel**

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
git clone --recursive https://github.com/riscv/riscv-pk  
  
cd riscv-pk  
mkdir build  
cd build  
../configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc --host=riscv64-unknown-elf  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

**Building Spike**

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
git clone --recursive https://github.com/riscv/riscv-isa-sim  
  
cd riscv-isa-sim  
mkdir build  
cd build  
../configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Software Engineers Compiler: QEMU

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

type:

export PATH=/opt/riscv-elf-gcc/bin:${PATH}  
  
git clone --recursive https://github.com/qemu/qemu  
  
cd qemu  
./configure --prefix=/opt/riscv-elf-gcc \  
--target-list=riscv64-softmmu,riscv32-softmmu,riscv64-linux-user,riscv32-linux-user  
make  
sudo make install

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

# QUALITY ASSURANCE

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## SCOPE

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## NORMATIVE REFERENCE

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## TERMS AND DEFINITIONS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## CONTEXT OF THE ORGANIZATION

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Understanding the organization and itsontext

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Understanding the needs and expectations of interested parties

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Determining the scope of the quality management system

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Quality management system and its processes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## LEADERSHIP

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Leadership and commitment

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Customer focus

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Policy

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Establishing the quality policy

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Communicating the quality policy

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Organizational roles, responsibilities and authorities

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## PLANNING

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Actions to address risks and opportunities

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Quality objectives and planning to achieve them

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Planning of changes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## SUPPORT

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Resources

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### People

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Infrastructure

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Environment for the operation of process

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Monitoring and measuring resources

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Measurement traceability

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Organizational knowledge

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Competence

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Awareness

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Communication

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Documented information

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Creating and updating

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Control of documented information

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## OPERATION

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Operational planning and control

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Requirements for products and services

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Customer communication

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Determining the requirements for products and services

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Review of the requirements for products and services

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Changes to requirements for products and services

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Design and development of products and services

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Design and development planning

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Design and development inputs

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Design and development controls

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Design and development outputs

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Control of externally provided processes, products and services

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Type and extent of control

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Information for external providers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Production and service provision

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Control of production and service provision

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Identification and traceability

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Property belonging to customers or external providers

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Preservation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Post-delivery activities

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Control of changes

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Release of products and services

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Control of nonconforming outputs

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## PERFORMANCE EVALUATION

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Monitoring, measurement, analysis and evaluation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Customer satisfaction

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Analysis and evaluation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Internal audit

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Management review

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Management review inputs

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Management review outputs

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## IMPROVEMENT

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### General

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Nonconformity and corrective action

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Continual improvement

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

# CERTIFICATION

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## PLANNING PROCESS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Required for the Hardware Planning Review

|  |
| --- |
| Data Required for the Hardware Planning Review |
| Plan for Hardware Aspects of Certification |
| Hardware Design Plan |
| Hardware Validation Plan |
| Hardware Verification Plan |
| Hardware Configuration Management Plan |
| Hardware Process Assurance Plan |
| Hardware Process Assurance Records |
| Hardware Requirements, Design, HDL Code, Validation & Verification, and Archive Standards |
| Tool Qualification Plans |
| Supplier Management Plan |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Planning Process Objectives

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Planning Process Activities

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## HARDWARE DESIGN PROCESS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Required for the Hardware Development Review

|  |
| --- |
| Data Required for the Hardware Development Review |
| Hardware Requirements, Design and HDL Code Standards |
| Hardware Requirements |
| Hardware Design Data |
| HDL or Hardware Design Schematics |
| Hardware Traceability Data |
| Hardware Review and Analysis Procedures |
| Hardware Review and Analysis Results |
| Hardware Life Cycle Environment Configuration Index |
| Problem Reports |
| Hardware Configuration Management Records |
| Hardware Process Assurance Records |
| Hardware Tool Qualification Data |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Requirements Capture Process

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Conceptual Design Process

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Detailed Design Process

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Implementation Process

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Production Transition

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Acceptance Test

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Series Production

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## VALIDATION AND VERIFICATION PROCESS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Required for the Hardware Verification Review

|  |
| --- |
| Data Required for the Hardware Verification Review |
| Hardware Requirements Data |
| Hardware Design Representation Data |
| HDL or Hardware Design Schematics |
| Hardware Verification Procedures |
| Hardware Verification Results |
| Hardware Life Cycle Environment Configuration Index |
| Problem Reports |
| Hardware Configuration Management Records |
| Hardware Process Assurance Records |
| Hardware Tool Qualification Data |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Validation Process

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Verification Process

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Validation and Verification Methods

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## CONFIGURATION MANAGEMENT PROCESS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Configuration Management Objectives

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Configuration Management Activities

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Data Control Categories

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## PROCESS ASSURANCE

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Process Assurance Objectives

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Process Assurance Activities

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## CERTIFICATION LIAISON PROCESS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Required for the Final Certification Hardware Review

|  |
| --- |
| Data Required for the Final Certification Hardware Review |
| Hardware Verification Results |
| Hardware Life Cycle Environment Configuration Index |
| Hardware Configuration Index |
| Problem Reports |
| Hardware Configuration Management Records |
| Hardware Process Assurance Records |
| Hardware Accomplishment Summary |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Means of Compliance and Planning

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Compliance Substantiation

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## HARDWARE DESIGN LIFECYCLE DATA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Hardware Plans

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Hardware Design Standards and Guidance

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Hardware Design Data

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Validation and Verification Data

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Hardware Acceptance Test Criteria

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Problem Reports

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Hardware Configuration Management Records

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Hardware Process Assurance Records

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Hardware Accomplishment Summary

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## ADDITIONAL CONSIDERATIONS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Use of Previously Developed Hardware

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Commercial Components Usage

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Product Service Experience

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### Tool Assessment and Qualification

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

# DESIGN LIFECYCLE DATA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## HARDWARE DESIGN LIFECYCLE DATA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Project Folder

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| FOLDER | NORMATIVE | TECHNOLOGY |
| requirements | OMG-2.5.1. | UML |
| certification | RTCA DO-254 |  |
|  | IEEE 1735-2014 |  |
| quality | ISO 9001-2015 |  |
| doc | IEEE 1685-2014 | IP-XACT |
| software | RTCA DO-178C |  |
| src | RTCA DO-178C |  |
| bench | IEEE 1076-2019 | VHDL |
|  | IEEE 1800-2017 | SystemVerilog |
| model | IEEE 1076-2019 | VHDL |
|  | IEEE 1800-2017 | SystemVerilog |
|  | IEEE 1850-2010 | PSL |
| osvvm/uvm | IEEE 1800.2-2020 | UVM |
| rtl | IEEE 1076-2019 | VHDL |
|  | IEEE 1800-2017 | SystemVerilog |
|  | IEEE 1850-2010 | PSL |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### HARDWARE PLANS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Required for the Hardware Planning Review

|  |
| --- |
| Data Required for the Hardware Planning Review |
| Plan for Hardware Aspects of Certification |
| Hardware Design Plan |
| Hardware Validation Plan |
| Hardware Verification Plan |
| Hardware Configuration Management Plan |
| Hardware Process Assurance Plan |
| Hardware Process Assurance Records |
| Hardware Requirements, Design, HDL Code, Validation & Verification, and Archive Standards |
| Tool Qualification Plans |
| Supplier Management Plan |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Plan for Hardware Aspects of Certification

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Design Plan

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Validation Plan

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Verification Plan

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Configuration Management Plan

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Process Assurance Plan

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### HARDWARE DESIGN STANDARDS AND GUIDANCE

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Requirements Standards

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Design Standards

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Validation and Verification Standards

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Archive Standards

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### HARDWARE DESIGN DATA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Required for the Hardware Development Review

|  |
| --- |
| Data Required for the Hardware Development Review |
| Hardware Requirements, Design and HDL Code Standards |
| Hardware Requirements |
| Hardware Design Data |
| HDL or Hardware Design Schematics |
| Hardware Traceability Data |
| Hardware Review and Analysis Procedures |
| Hardware Review and Analysis Results |
| Hardware Life Cycle Environment Configuration Index |
| Problem Reports |
| Hardware Configuration Management Records |
| Hardware Process Assurance Records |
| Hardware Tool Qualification Data |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Requirements

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Hardware Design Representation Data

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Conceptual Design Data

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

##### Detailed Design Data

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Top-Level Drawing

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Assembly Drawings

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Installation Control Drawings

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

###### Hardware/Software Interface Data

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### VALIDATION AND VERIFICATION DATA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Required for the Hardware Verification Review

|  |
| --- |
| Data Required for the Hardware Verification Review |
| Hardware Requirements Data |
| Hardware Design Representation Data |
| HDL or Hardware Design Schematics |
| Hardware Verification Procedures |
| Hardware Verification Results |
| Hardware Life Cycle Environment Configuration Index |
| Problem Reports |
| Hardware Configuration Management Records |
| Hardware Process Assurance Records |
| Hardware Tool Qualification Data |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Traceability Data

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Review and Analysis Procedures

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Review and Analysis Results

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Test Procedures

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

#### Test Results

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### HARDWARE ACCEPTANCE TEST CRITERIA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### PROBLEM REPORTS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### HARDWARE CONFIGURATION MANAGEMENT RECORDS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### HARDWARE PROCESS ASSURANCE RECORDS

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

### HARDWARE ACCOMPLISHMENT SUMMARY

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

Data Required for the Final Certification Hardware Review

|  |
| --- |
| Data Required for the Final Certification Hardware Review |
| Hardware Verification Results |
| Hardware Life Cycle Environment Configuration Index |
| Hardware Configuration Index |
| Problem Reports |
| Hardware Configuration Management Records |
| Hardware Process Assurance Records |
| Hardware Accomplishment Summary |

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..

## SOFTWAREWARE DESIGN LIFECYCLE DATA

.. ……. …….. …….. ……. .. ……….. …… …. .. …… ….. .. ….. …. …….. … …… . … …. .. ……… ……….. …. …. …….. .. …. . ….. ……. …. … …….. …. ………… .. … … ……. .. …… …. … …. ……. .. ….. … …. ……. … ……. ……… ….. ………. ……. ….. ……. … ……. … ……. ….. ….. …. . …….. .. … ….. ……… .. …….. ….. ……. ………. ………. … …….. .. … ….. .. …….. ….. ………. …. … …… .. …..