

# Modélisation Transactionnelle des Systèmes sur Puce avec SystemC Ensimag 3A — filière SEOC Grenoble-INP TLM Avancé & Conclusion

Frédéric Pétrot

[frederic.petrot@univ-grenoble-alpes.fr](mailto:frederic.petrot@univ-grenoble-alpes.fr)

2021-2022



# Planning des séances

- 01/12/21 (FP) CM1 Introduction : systèmes sur puce et modélisation au niveau transactionnel
- 08/12/21 (FP) CM2 Introduction au C++ et présentation de SystemC
- 08/12/21 (FP) CM3 Communications haut-niveau et modélisation TLM en SystemC
- 15/12/21 (FP) CM4 Intervenant extérieur : Jérôme Cornet (STMicroelectronics)
- 15/12/21 (FP) TP1 (1/1): Plateforme matérielle SystemC/TLM
- 06/01/22 (FP) CM5 Utilisations des plateformes TLM
- 06/01/22 (FP) CM6 Notions Avancées en SystemC/TLM
- 12/01/22 (FP) TP2 (1/2) : Intégration du logiciel embarqué
- 12/01/22 (FP) TP2 (2/2) : Intégration du logiciel embarqué
- 19/01/22 (OM) CM7 Synthèse d'architecture
- 19/01/22 (OM) TP3 (1/2) : Synthèse de haut niveau et génération de circuits numériques
- 21/01/22 (OM) TP4 (2/2) : Synthèse de haut niveau et génération de circuits numériques

# Sommaire

- 1 Quelques mots sur l'examen
- 2 Récapitulatif sur les TPs
- 3 Écosystème TLM

# Sommaire

- 1 Quelques mots sur l'examen
- 2 Récapitulatif sur les TPs
- 3 Écosystème TLM

# Préparer l'examen

- Annales disponibles (répertoire [exam/](#))
- Documents interdits
- Une feuille A4 recto-verso manuscrite autorisée

# Sujet d'examen

- Questions de cours C++, SystemC/TLM, intervenant extérieur
- 1 exercice sur le temps simulé/wall-clock (cf. années précédentes)
- 1 problème : extension de la plateforme « TP2 ». Cette année (2018-2019) : composant matériel pour calculer le nombre de voisin à 1 d'un point dans une image bitmap

# À savoir impérativement

- C++
- Bases de SystemC : `SC_MODULE`, `SC_THREAD`, `SC_METHOD`, `wait`, `notify`, ...
- Les principes de TLM 2.0
- L'API Ensitlm : `read`, `write`, `map`, `bind`
- L'API hal : `hal_read32`, `hal_write32`, `hal_cpu_relax`, `hal_wait_for_irq`.

## Ce qui énerve le correcteur ...

- Confusion entre hardware et software (e.g. écrire du SystemC dans le soft embarqué, ou utiliser `hal.h` dans le modèle de matériel)
- « Justifiez brièvement » mal lu
- Les erreurs sur les points répétés N fois en TP/cours.

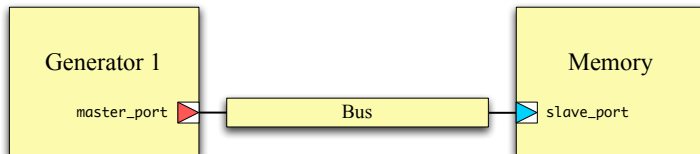


# Sommaire

- 1 Quelques mots sur l'examen
- 2 Récapitulatif sur les TPs
- 3 Écosystème TLM

## TP n°1, début

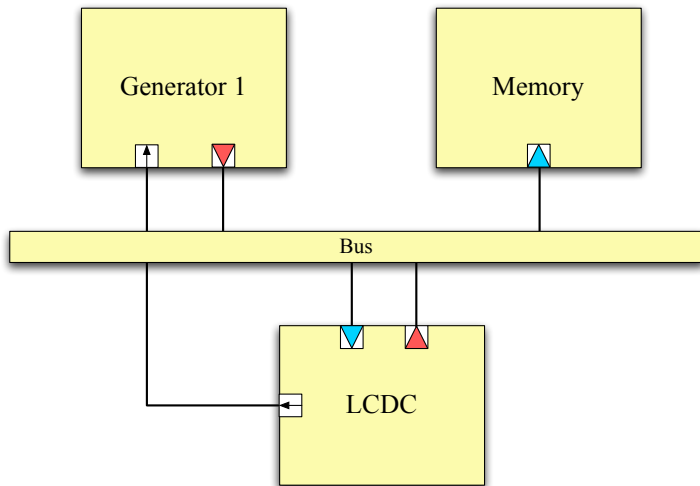
- Prise en main de SystemC/GCC
- Écriture d'un **générateur de transactions**
  - ▶ Outil de test de plateforme
  - ▶ Représente les accès que ferait un processeur (par ex)
- Écriture d'une **mémoire**
  - ▶ Mécanisme d'adresse locale (offset)
  - ▶ Implémentation du comportement (tableau dynamique C++)
- Comportement global



# TP n°1, fin

- Lecture de documentation technique : **contrat** d'utilisation du LCDC
- Modélisation de registres
  - ▶ Utilisation des événements SystemC
  - ▶ Correspondance avec la documentation
- Gestion des interruptions
- Fabrication d'images en mémoire, ...

## TP n°1 - Figure



## TP n°2

- Intégration du logiciel embarqué.
  - ▶ Avec ISS
  - ▶ En simulation native
- Correspondance entre plateforme physique (FPGA) et TLM
  - ▶ Même registres, même addressmap, même comportement
  - ▶ RAM programme gérée différemment
  - ▶ Protocole de bus non modélisé en TLM
- Logiciel portable via `hal.h`:
  - ▶ Une implémentation en simulation native
  - ▶ Une implémentation pour RISC-V (ISS ou FPGA – tbc –)

## TP n°2: Chaînes de compilation

- Native:

- ▶ `g++/gcc`, comme d'habitude
- ▶ `extern "C"` pour faire communiquer le C et le C++ (problème de *mangling* et d'ABI)
- ▶ Édition de liens entre plateforme et logiciel

- Croisée:

- ▶ `riscv64-unknown-elf-{gcc,ld,objdump}` : tourne sur x86\_64, génère du code pour RISC-V
- ▶ Logiciel embarqué compilé en un fichier ELF ...
- ▶ ... chargé dynamiquement en RAM par la plateforme
- ▶ `boot.s`: adresse de boot, vecteur d'interruption, ...
- ▶ `it.s`: routine d'interruption (sauvegarde/restauration de registres avant d'appeler une fonction C)
- ▶ `ldscript`: utilisé par `riscv64-unknown-elf-ld` pour décider des adresses des symboles.
- ▶ `printf`: marche sur FPGA via une UART, trivial en simu native, composant UART en simu ISS.

## TP n°2 : ce à quoi vous avez échappé...

- Fait pour vous:
  - ▶ Écriture des composants TLM (Giovanni Funchal)
  - ▶ ISS RISC-V, `boot.s`, `it.s` (votre serveur, riscv-probe)
- Non géré:
  - ▶ `gdb-server`: pour déboguer le logiciel avec `gdb` comme s'il tournait sur une machine physique distante.
  - ▶ Temps précis
  - ▶ Transaction bloc (entre RAM et VGA en particulier)
  - ▶ Conflits sur le bus entre RAM ↔ VGA et fetch.
  - ▶ Contrôleur d'interruption évolué (le notre est essentiellement une porte « ou »)

# Sommaire

- 1 Quelques mots sur l'examen
- 2 Récapitulatif sur les TPs
- 3 Écosystème TLM



# Réutilisation de composants

Piloté par le consortium Accellera (<https://www.accellera.org>)

- Point de vue d'un industriel :
  - ▶ Écriture de modèles TLM **réutilisables** de composants maisons
  - ▶ Modèles TLM de composants d'entreprises tierces ?
- Idée : chaque fabricant de composant fournit plusieurs modèles
  - ▶ RTL ou netlist
  - ▶ Modèle TLM, etc.
  - ▶ etc.
- Problème : mettre tout le monde d'accord sur l'écriture de modèles TLM

# Documentation

Piloté par le consortium Accellera (<https://www.accellera.org>)

- Besoin d'informations organisées sur chaque composant
  - ▶ Ensemble de registres
  - ▶ Nombre de ports
  - ▶ Technologies de fabrication supportées
  - ▶ Consommation électrique
  - ▶ Surface, ...

# Documentation

Piloté par le consortium Accellera (<https://www.accellera.org>)

- Besoin d'informations organisées sur chaque composant
  - ▶ Ensemble de registres
  - ▶ Nombre de ports
  - ▶ Technologies de fabrication supportées
  - ▶ Consommation électrique
  - ▶ Surface, ...
- Création d'un consortium d'industriels pour standardiser les informations associées à un composant
  - ▶ Consortium SPIRIT : Structure for Packaging, Integrating and Re-using IP within Tool-flows Standard IP-XACT.
  - ▶ Exemple de document : fichier XML conforme à un schéma
  - ▶ Création d'outils exploitant ces informations



# Conclusion

- SystemC

- ▶ « Langage » de modélisation niveau système
- ▶ Utilisation par les industriels
- ▶ Nombre conséquent d'outils
  - ★ Dédiés (CAD Vendors)
  - ★ Provenant de C++ (GCC, gdb, gprof, valgrind, etc.)

- TLM

- ▶ Niveau émergent de modélisation de composants électroniques
- ▶ Utilisation de SystemC
- ▶ Existence d'outils spécifiques TLM (Cadence, Synopsys, GreenSocs, ...)