

Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione,
delle Infrastrutture e dell'Energia Sostenibile (DIIES)*

Laurea in Ingegneria dell'Informazione (L-8)
Anno accademico 2020/2021



Approccio Model Based per la Progettazione e Validazione di un Controllo di una Sospensione Attiva per un Veicolo Stradale

Relatore:
Prof. Valerio Scordamaglia

Candidato:
Vincenzo Caia

Correlatore:
Ing. Vito Nardi



Introduzione

Obiettivo:

Progettazione e validazione di un controllo per un sistema di sospensioni attive attraverso approccio Model Based

➤ MODEL BASED

- Model in the loop (MIL)
- Software in the loop (SIL)
- Processor in the loop (PIL)
- Hardware in the loop (HIL)

Verifica e
validazione
progetto



Model Based

➤ Metodo per affrontare problematiche connesse alla progettazione di sistemi complessi

➤ Creazione Modello matematico

➤ Analisi e sintesi Controllo

➤ Simulazioni



Sistemi embedded

➤ Hardware e Software dedicato a specifici scopi

Sistemi di volo, POS e bancomat, elettrodomestici, decoder, ecc...

➤ Programmable Logic Controller (PLC)

Programmati per svolgere una sola funzione

Semplici

➤ Microcontrollori (MCU)

Forniscono un sistema hardware completo all'interno del singolo chip

Limitata capacità di calcolo

Ottimi valori di consumo energetico ed efficienza termica

➤ System on chip (SoC)

Singole unità con più periferiche.

In base ai requisiti:

- Dispositivi di connettività (WiFi, Bluetooth,...)
- Sensori (Giroscopi, termometri, accelerometri,...)
- Maggiore capacità di calcolo, necessitano di un S.O

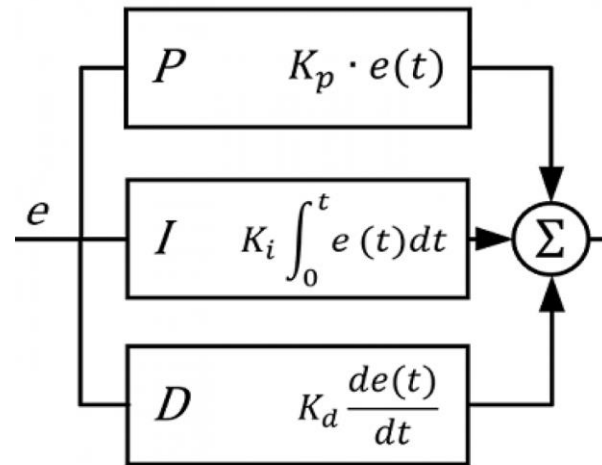
Controllo

➤ PID (Proporzionale Integrale Derivativo)

➤ Azione Proporzionale

➤ Azione Integrale

➤ Azione derivativa

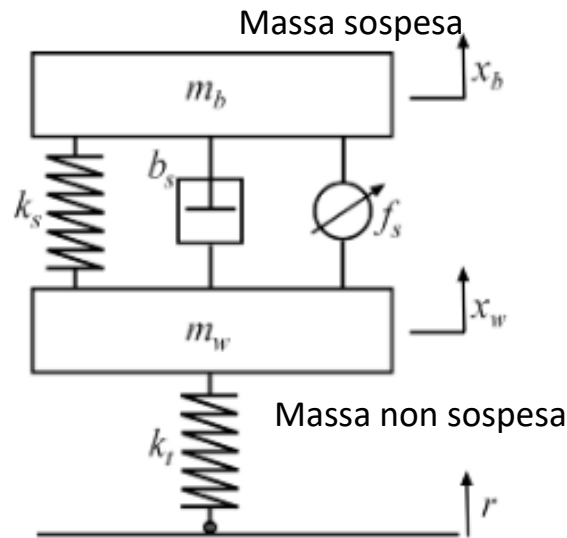


Sistema EMBEDDED



Quarter-car e Sospensioni

- Modelli descrittivi
 - Full-Car
 - Half-Car
 - Quarter-Car
- Dinamiche verticali della massa del veicolo
- Quarter-Car Model in configurazione attiva

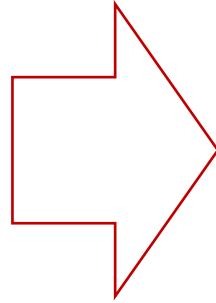


- Sistema passivo
 - Elemento elastico e smorzante
- Sistema semi-attivo
 - Modifiche delle caratteristiche dell'elemento smorzante
- Sistema attivo
 - Attuatori

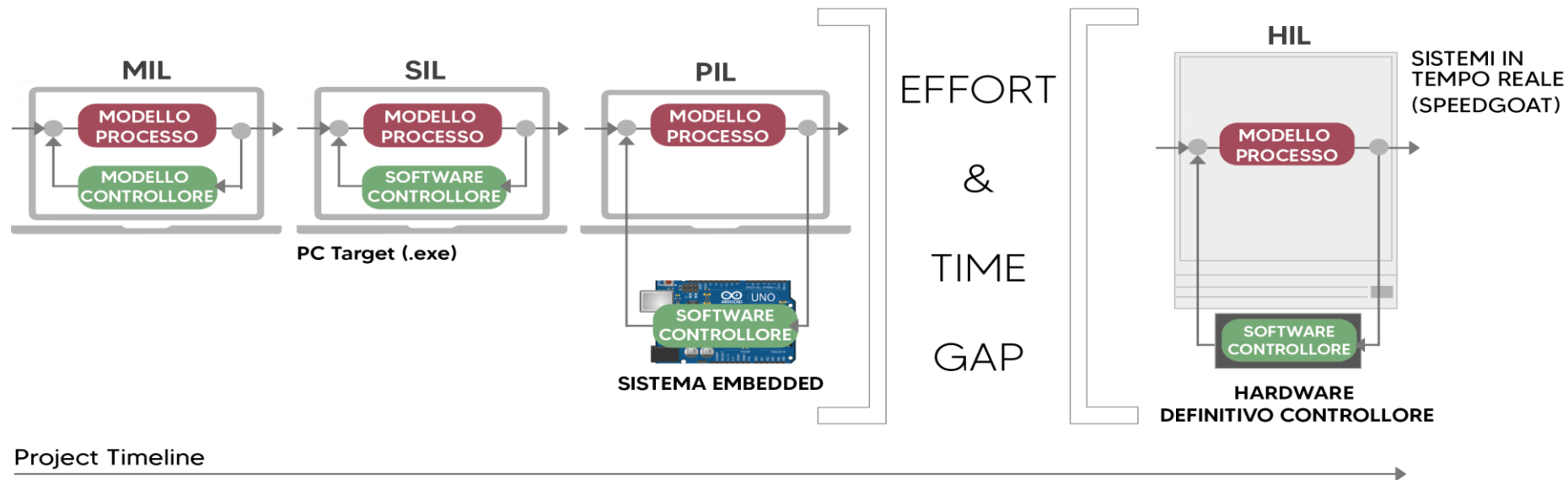


Testing «in the loop»

Model Based



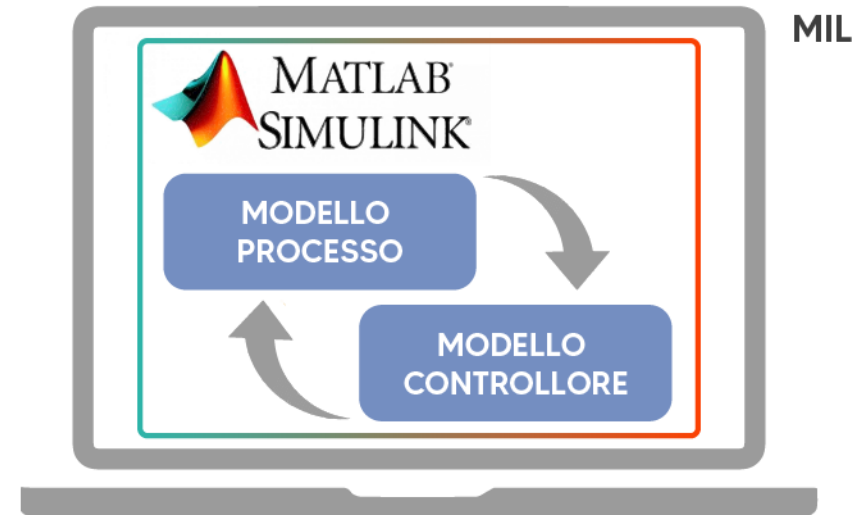
- Model in the loop (MIL)
- Software in the loop (SIL)
- Processor in the loop (PIL)
- Hardware in the loop (HIL) → Hardware di testing



Model in the loop (MIL)

- Ambiente di simulazione (MATLAB/Simulink)

- Modello matematico del processo
- Modello matematico del controllore
- Simulazioni

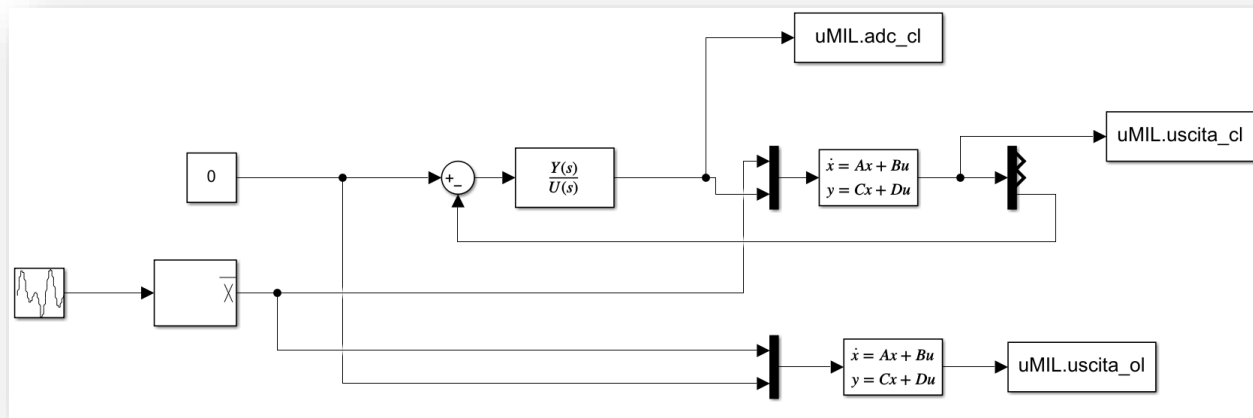


Applicazione MIL e confronto

➤ Implementazione Modelli su MATLAB/Simulink

➤ Rappresentazione ISU

➤ Schema di controllo

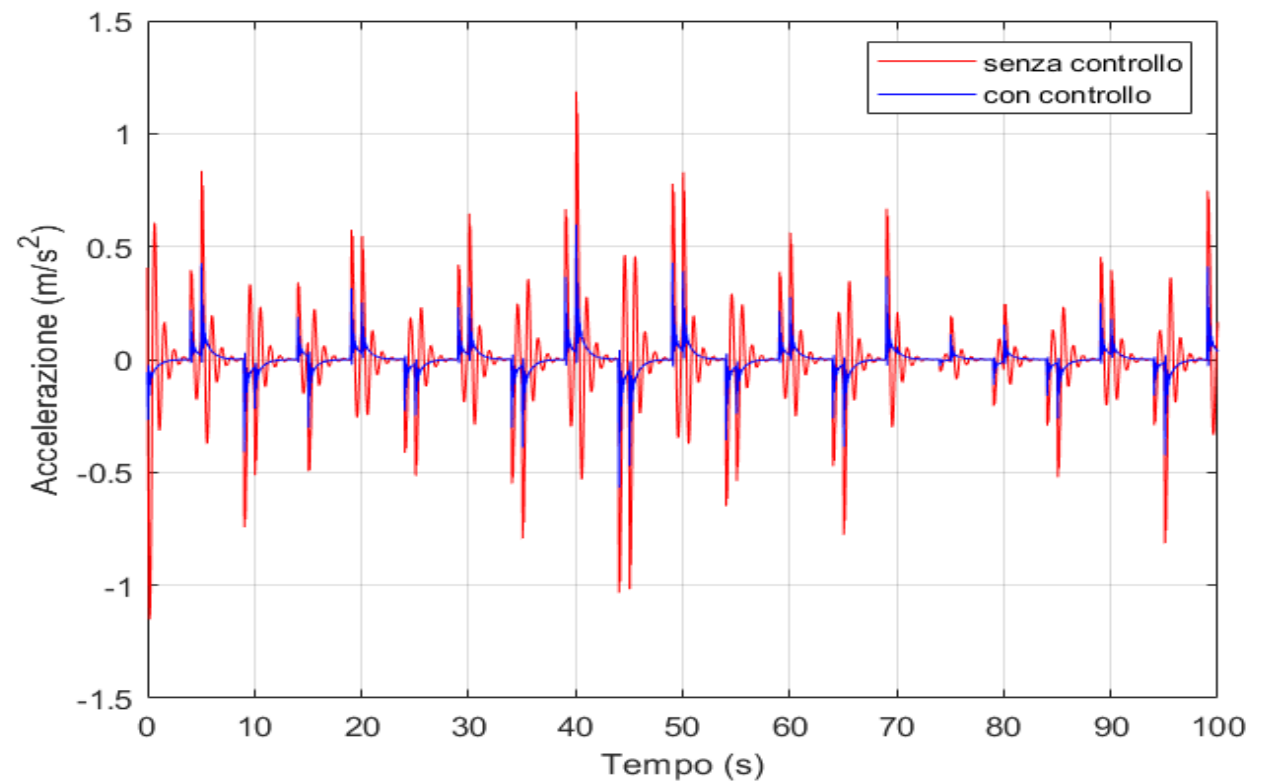


```
Editor - C:\Users\caia\\Desktop\quarterCarOKOK.m
quarterCarOKOK.m  x  +
1
2  mb=300;    % kg (Massa 1/4 del veicolo)
3  mw=60;    % kg (Massa ruota e gruppo sospensione)
4  bs=1000;  % N/m/s (Costante di smorzamento ammortizzatore)
5  ks=16000; % N/m (Costante elastica molla)
6  kt=190000; % N/m (Effetto ammortizzante dello pneumatico)
7
8
9  |
10 % MATRICI A B C D
11
12 A = [ 0 1 0 0; [-ks -bs ks bs]/mb ; ...
13       0 0 0 1; [ks bs -ks-kt -bs]/mw];
14 B = [ 0 0; 0 1e3/mb ; 0 0 ; [kt -1e3]/mw];
15 C = [1 0 0 0; 1 0 -1 0; A(2,:)];
16 D = [0 0; 0 0; B(2,:)];
```

Applicazione MIL e confronto

➤ Confronto risposta del sistema con controllo e senza

- Taratura controllo per tentativi
- Accelerazione verticale della massa del veicolo dimezzata
- Maggiore stabilità e comfort



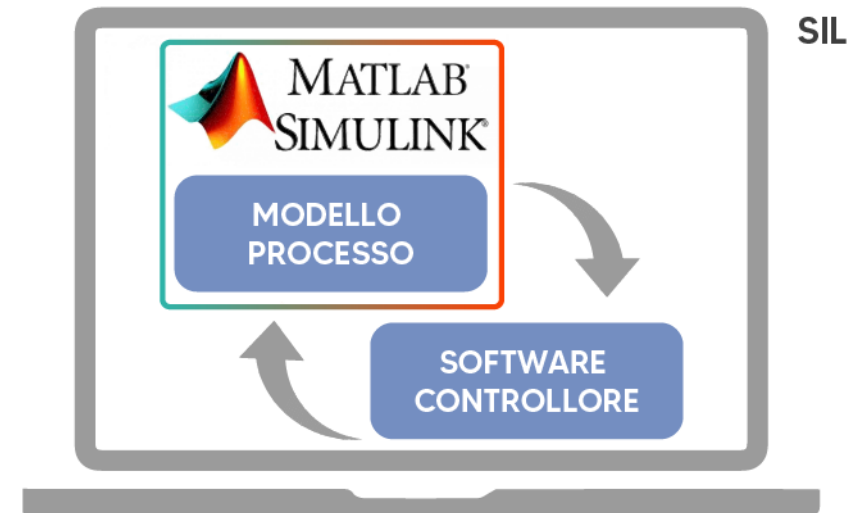
Software in the loop (SIL)

- Ambiente di simulazione (MATLAB/Simulink)

- Modello matematico processo

- Auto-generazione del codice

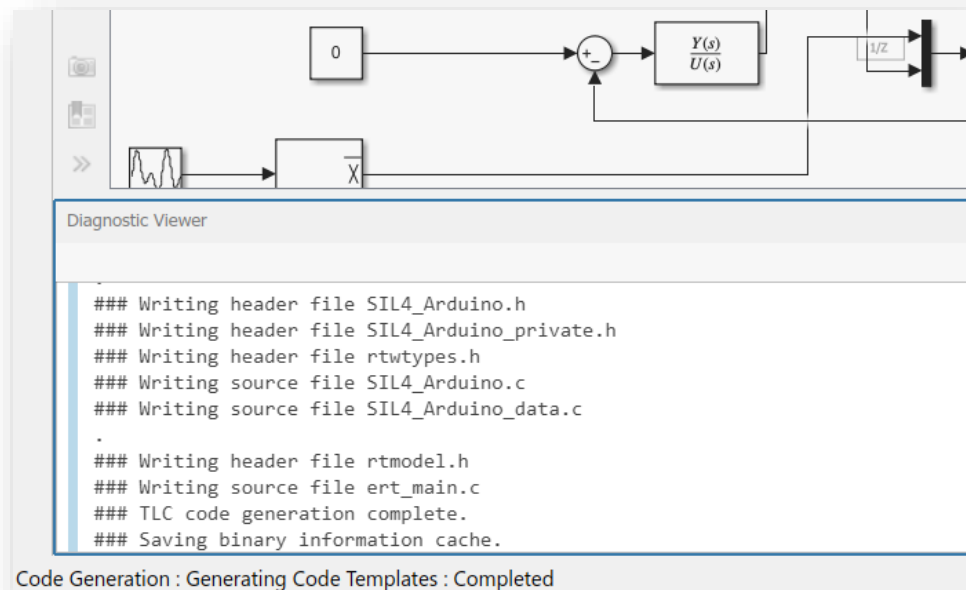
- Simulazioni



Applicazione SIL e confronto

- Modello a tempo discreto
- Auto-generazione codice

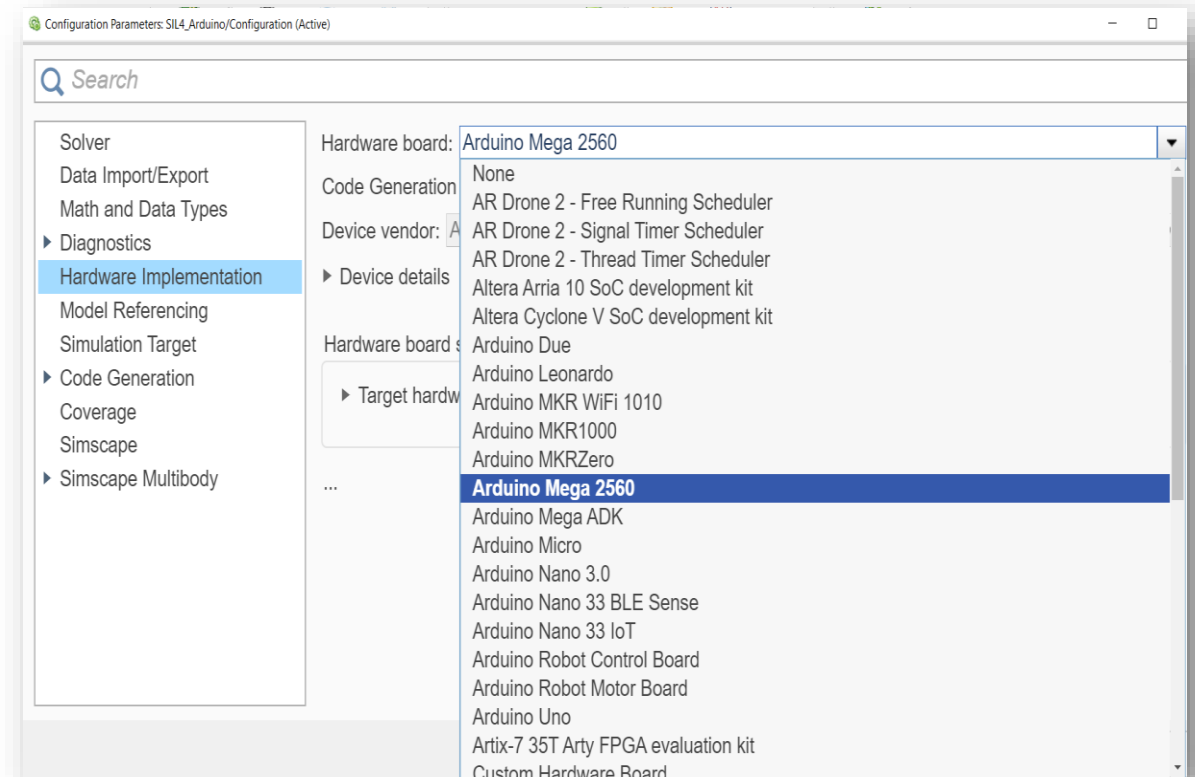
per Arduino Mega 2560



The image shows a Simulink model with a discrete-time transfer function block $\frac{Y(s)}{U(s)}$ and a 1/2 delay block. Below the model is the Diagnostic Viewer window, which displays the following code generation log:

```
### Writing header file SIL4_Arduino.h
### Writing header file SIL4_Arduino_private.h
### Writing header file rtwtypes.h
### Writing source file SIL4_Arduino.c
### Writing source file SIL4_Arduino_data.c
-
### Writing header file rtmodel.h
### Writing source file ert_main.c
### TLC code generation complete.
### Saving binary information cache.
```

Code Generation : Generating Code Templates : Completed

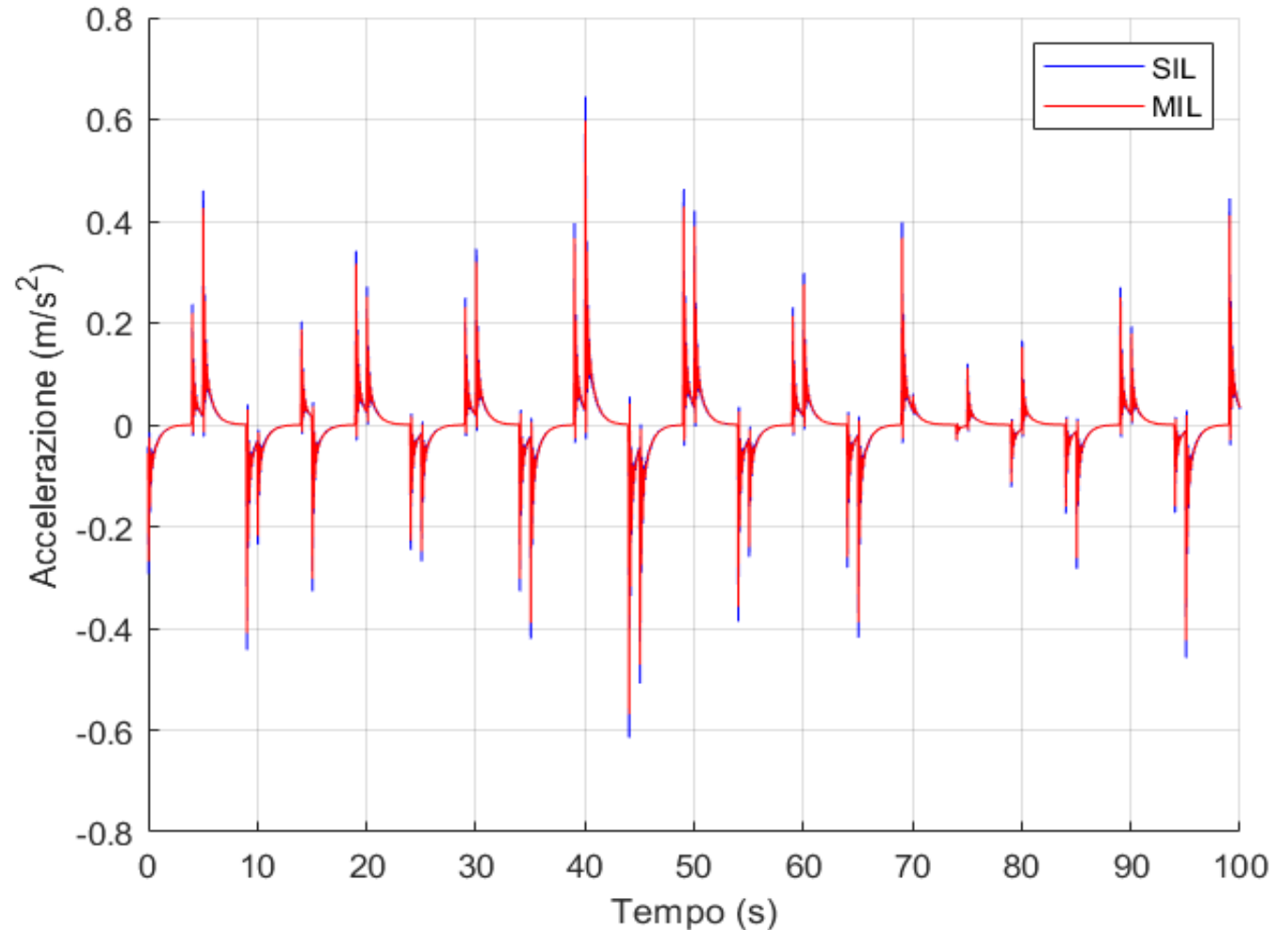


The image shows the Configuration Parameters dialog for the SIL4_Arduino/Configuration (Active) project. The Hardware Implementation section is selected, and the Hardware board is set to Arduino Mega 2560. The list of available hardware boards includes:

- Arduino Due
- Arduino Leonardo
- Arduino MKR WiFi 1010
- Arduino MKR1000
- Arduino MKRZero
- Arduino Mega 2560**
- Arduino Mega ADK
- Arduino Micro
- Arduino Nano 3.0
- Arduino Nano 33 BLE Sense
- Arduino Nano 33 IoT
- Arduino Robot Control Board
- Arduino Robot Motor Board
- Arduino Uno
- Artix-7 35T Arty FPGA evaluation kit
- Custom Hardware Board

Applicazione SIL e confronto

- Simulazione
- Confronto MIL/SIL
- Software controllo
(DISCRETIZZAZIONE, QUANTIZZAZIONE)
- Differenze che soddisfano le
specifiche di progetto



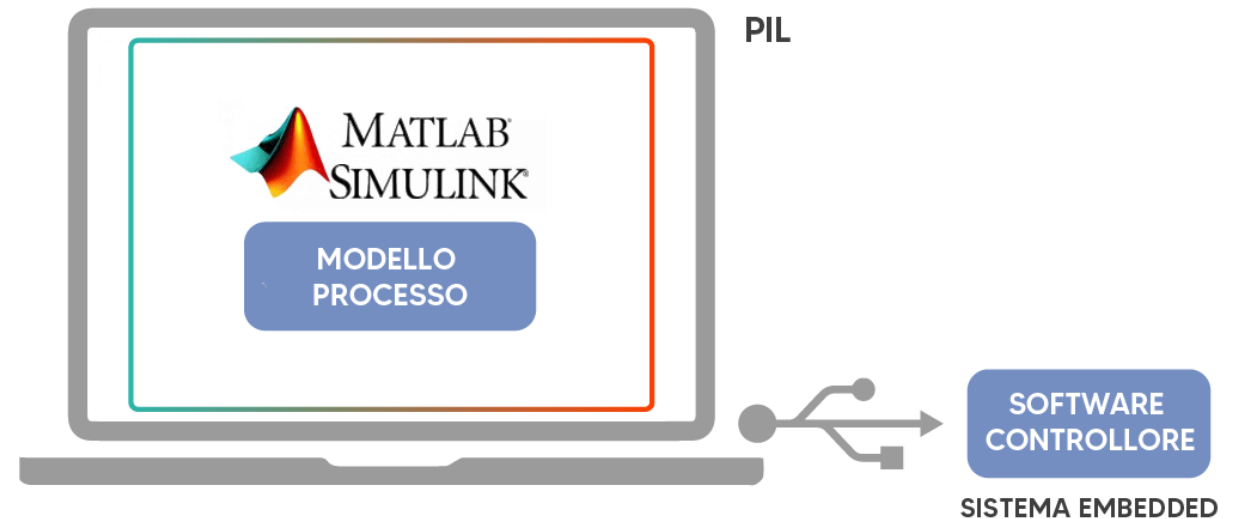
Processor in the loop (PIL)

- Ambiente di simulazione (MATLAB/Simulink)

- Modello matematico processo

- Implementazione controllore su piattaforma embedded

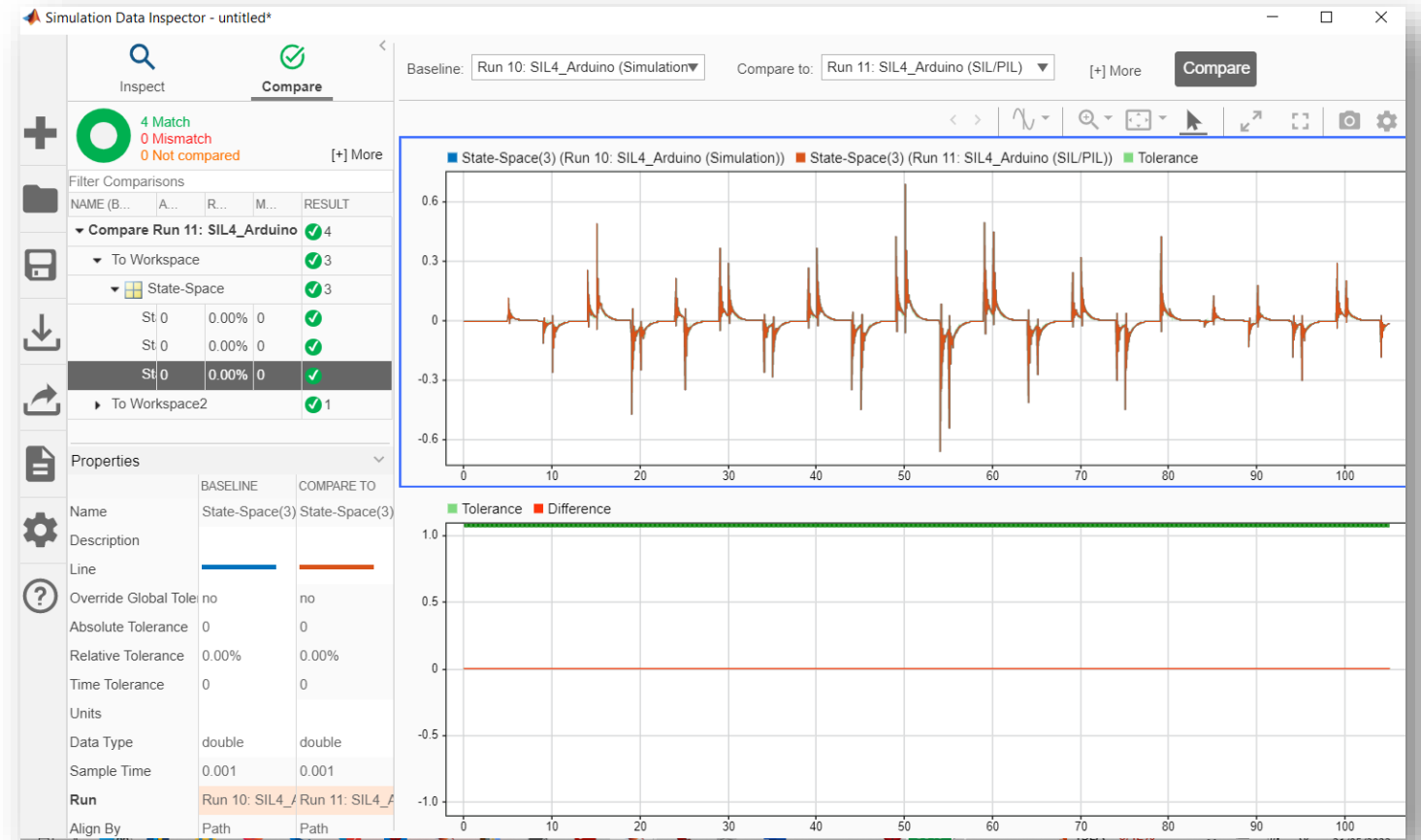
- Simulazioni



Applicazione PIL e confronto

- Simulazione
- Confronto SIL/PIL
- Capacità di calcolo sufficiente

Possibilità di automatizzare i test



Conclusioni

Progettazione e validazione di un controllo per un sistema di sospensioni attive attraverso approccio Model Based

➤ Simulazioni «in the loop»

- Model in the loop (MIL)
- Software in the loop (SIL)
- Processor in the loop (PIL)

Progetto del controllo realizzato e validato



Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione,
delle Infrastrutture e dell'Energia Sostenibile (DIIES)*

Laurea in Ingegneria dell'Informazione (L-8)
Anno accademico 2020/2021



Approccio Model Based per la Progettazione e Validazione di un Controllo di una Sospensione Attiva per un Veicolo Stradale

Relatore:
Prof. Valerio Scordamaglia

Candidato:
Vincenzo Caia

Correlatore:
Ing. Vito Nardi

