# Università di Roma La Sapienza Facoltà di Ingegneria dell'informazione, informatica e

#### DIPARTIMENTO DI INFORMATICA

STATISTICA

## L'USO DELLA GPU NEL MBSE

Systems, Modelica, MPGOS and modelica2GPU

RICCARDO LA MARCA 1795030 riccardo.lamarca98@gmail.com lamarca.1795030@studenti.uniroma1.it

# Indice

1 Introduzione 3

#### Cos'è MBSE?

**MBSE**, o Model-based System Engeenering, è una pratica dell'ingegneria dei sistemi secondo la quale la comunicazione tra i membri del team non avviene tramite documenti cartacei ma ben tramite lo sviluppo di modelli, solitamente tramite il linguaggio SysML o UML, per evitare abigiutà ed errori di interpretazione a causa del linguaggio naturale utilizzato.

### Introduzione

Sempre più, nella nostra realtà, sta diventando importante modellare e simulare sistemi cyber-fisici, come droni o sistemi IoT, e sistemi biologici, come il ciclo cellulare o ancora lo sviluppo e la propagazione di un virus. Sebbene questi due siano argomenti diversi, hanno principalmente una cosa in comune: entrambi possono essere espressi come un sistema di equazioni differenziali (o ODE, Ordinary Differential Equation) il quale può essere integrato sul tempo al fine di dare un "vita" al modello stesso il quale risulterà in un dataset con cui si andrà a descrivere l'andamento, in termini di valori sugli stati, quindi la traiettoria del sistema stesso. Questa fase di integrazione viene chiamata simulazione del modello.

Gli eventi sono delle situazioni alternative che deviano il normale corso della traiettoria del sistema facendole toccare punti che altrimenti non avrebbero mai considerato. Esistono quindi due tipologie di eventi: di stato e di tempo. I primi sorgono da condizioni sugli stati, ad esempio x > 10 con x stato del sistema, mentre i secondi da condizioni sul tempo. Su quest'ultimi il discorso diventa più ampio però un classico evento di questo tipo scaturisce inserendo nel sistema una componente detta Sample-And-Hold, che agisce creando una condizione sul tempo della simulazione. Una componente di Sample-And-Hold, letteralmente "campionamento e mantenimento" è una classica componente che viene inserita all'intero di sistemi continui al fine di discretizzarne una parte di comportamento. Il nome stesso deriva dalle due azioni che questo svolge: (1) campiona il tempo della simulazione in base a dei valori che per semplicità chiameremo start ed interval, e (2) mantiene fino al prossimo sample il valore di uno stato. Un tipico esempio è l'Analog to Digital Converter (ADC) il quale implementa internamente il sottosistema di s&h\(^1\). Gli eventi, quindi, servono principalmente per immettere una discretizzazione all'interno di un sistema che altrimenti sarebbe continuo.

```
parameter Real sample_time(unit="s")=0.1251231;
when sample(0, sample_time) then
  omega1_measured = omega1; // omega1 è uno stato
end when;
```

Figure 1.1: Esempio di componente SH in Modelica.

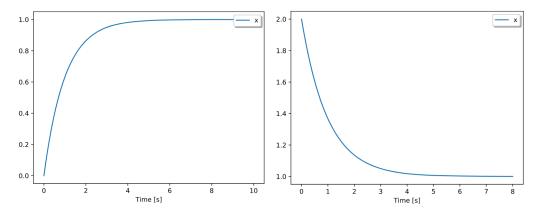
<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Sample-And-Hold

#### Esempio1. First order system time event

Si consideri il semplice sistema descritto da una sola equazione differenziale<sup>2</sup>.

$$\dot{x} = (1 - x) \tag{1.1}$$

Vediamo come questo sistema descrive semplicemente l'andamento dello stato x fino al punto 1, sul quale troverà l'equilibrio dal momento che per tutti i successivi istanti di tempo non cambierà mai di valore. Difatti il grafico della traiettoria sarà il seguente



(a) Traiettoria del sistema con valore iniziale (b) Traiettoria del sistema con valore iniziale x=0 x=2

Se volessimo aggiungere una componente SH all'interno del sistema per vedere il valore di x a determinati istanti di tempo, decidiamo prima il tempo di sampling (es. 0.3) e implementiamo tale evento, ottenendo

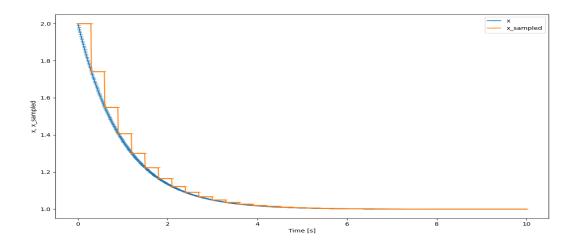


Figure 1.3: FirstOrderSystem con sample-and-hold e sample time di 0.3

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Scriveremo  $\dot{x}$  al posto di  $\frac{d}{dt}x(t)$ 

Questo è il codice Modelica che descrive il modello

```
model FirstOrderSystemWithSH "Semplice sistema di primo ordine"
    parameter Real x0=2.0;
    parameter Real sample_time=0.3;
    Real x;
    Real x_sampled;
initial equation
    x = x0;
    x_sampled = x0;
equation
    der(x) = (1 - x)
    when sample(0, sample_time) then
        x_sampled = x
    end when;
end FirstOrderSystemWithSH;
```

#### Esempio2. FirstOrderSystem with state event

Consideriamo adesso un secondo sistema descritto dalla seguente equazione differenziale

$$\dot{x} = -\sqrt{x} \tag{1.2}$$

Se provassimo ad eseguire una simulazione per 5 secondi, essa terminerebbe invece a 2. Questo perché le fasi di integrazioni precedenti hanno portato ad una traiettoria per lo stato x che a istanti tempi maggiori di 2 il valore potrebbe essere negativo generando quindi una floating point exception. Per ovviare a questo problema possiamo semplicemente introdurre una condizione sullo stato x che nel momento in cui x < 0 allora  $\dot{x} = 0$ , ottenendo la seguente equazione

$$\dot{x} = \begin{cases} -\sqrt{x}, & x \ge 0\\ 0, & altrimenti \end{cases}$$
 (1.3)