



Università degli Studi di Cagliari

Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni



akhela

Tesi di Laurea

# Modellazione, Implementazione e Simulazione di un Sistema Brake by Wire su FlexRay

**Relatore: Prof. Alessandro Giua**

**Tesi di Laurea: Sergio Lorrai**

21 Luglio 2009

Anno Accademico 2008/2009



## Contesto

- **Stage:** svolto presso Akhela s.r.l. (Macchiareddu)
- **Oggetto tesi:** Modellazione, Implementazione e Simulazione di un Sistema Brake by Wire su FlexRay



# Sommario

- **Introduzione**
- Sistemi Brake by Wire
- Protocollo FlexRay
- Modello e simulazioni
- Conclusioni e sviluppi futuri



## Introduzione

- I sistemi elettronici nel settore automobilistico suscitano sempre maggiore interesse
- I problemi della sicurezza e del comfort sugli autoveicoli rendono lo sviluppo di sistemi X by Wire in continua crescita
- Ad un maggior numero di componenti elettronici corrisponde una struttura di rete sempre più complessa



# Introduzione

- **Akhela Settore Embedded Automotive:**
  - Sistemi di infotainment per automobili
  - Sistemi di gestione del motore
  - Sistemi di controllo di climatizzazione
  - Moduli per le porte
  - Diagnosi e calibrazione (PowerTrain Application)
  - RTOS





# Sommario

- Introduzione
- **Sistemi Brake by Wire**
- Protocollo FlexRay
- Modello e simulazioni
- Conclusioni e sviluppi futuri



## Sistemi Brake by Wire

- “**By Wire**” denota il sistema di controllo che sostituisce i tradizionali collegamenti idraulici o meccanici con sistemi elettronici
- **Brake by Wire** (letteralmente “frenare con un filo”) è il sistema di frenata del veicolo parzialmente o completamente elettromeccanico
- Elementi caratteristici di questo sistema sono gli attuatori e i sensori



## Sistemi Brake by Wire

- Ruolo determinante assumono i sistemi real-time
- **Vantaggi:**
  - Diminuzione dei componenti meccanici
  - Miglioramento della sicurezza, in particolare quella passiva
  - Gestione e assistenza più economica e immediata





# Sommario

- Introduzione
- Sistemi Brake by Wire
- **Protocollo FlexRay**
- Modello e simulazioni
- Conclusioni e sviluppi futuri



## FlexRay: Introduzione

- Principale concorrente del TTP per le applicazioni X by Wire
  - Creato consorzio industriale fondato nel 2000
  - Membri principali del consorzio
    - BMW, DaimlerChrysler, General Motors, Motorola, Philips, Volkswagen, e Robert Bosch
- Pubblicazione del primo protocollo risale al Giugno 2004

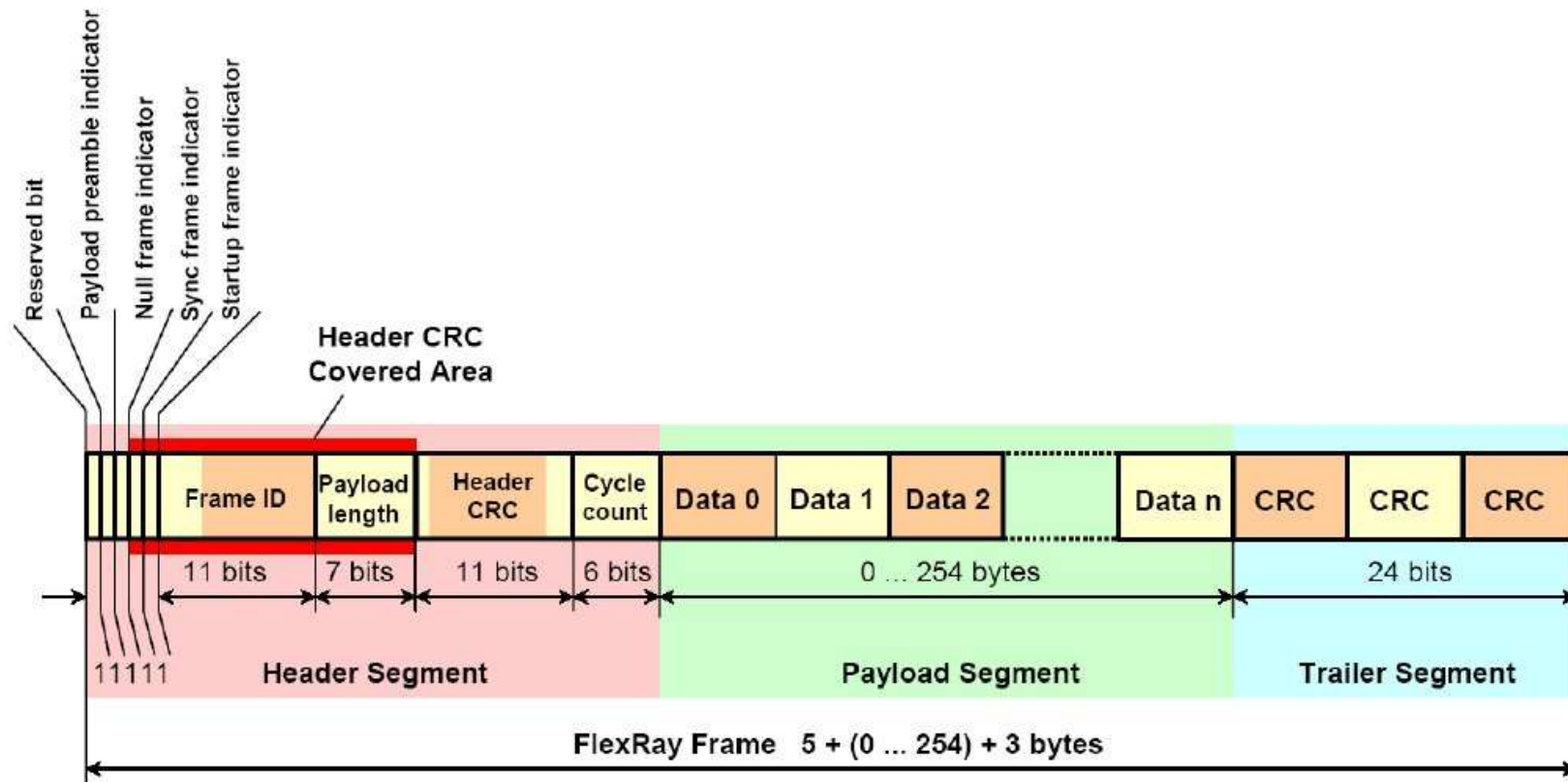


## FlexRay: Caratteristiche

- Data rate 10 Mbps
- Trasmissione sincrona e asincrona
- Comunicazione deterministica nel segmento statico
- Diverse tipologie di rete supportate
- Fault tolerance (es. ridondanza canale)
- Latenza e jitter costante per tutti i messaggi

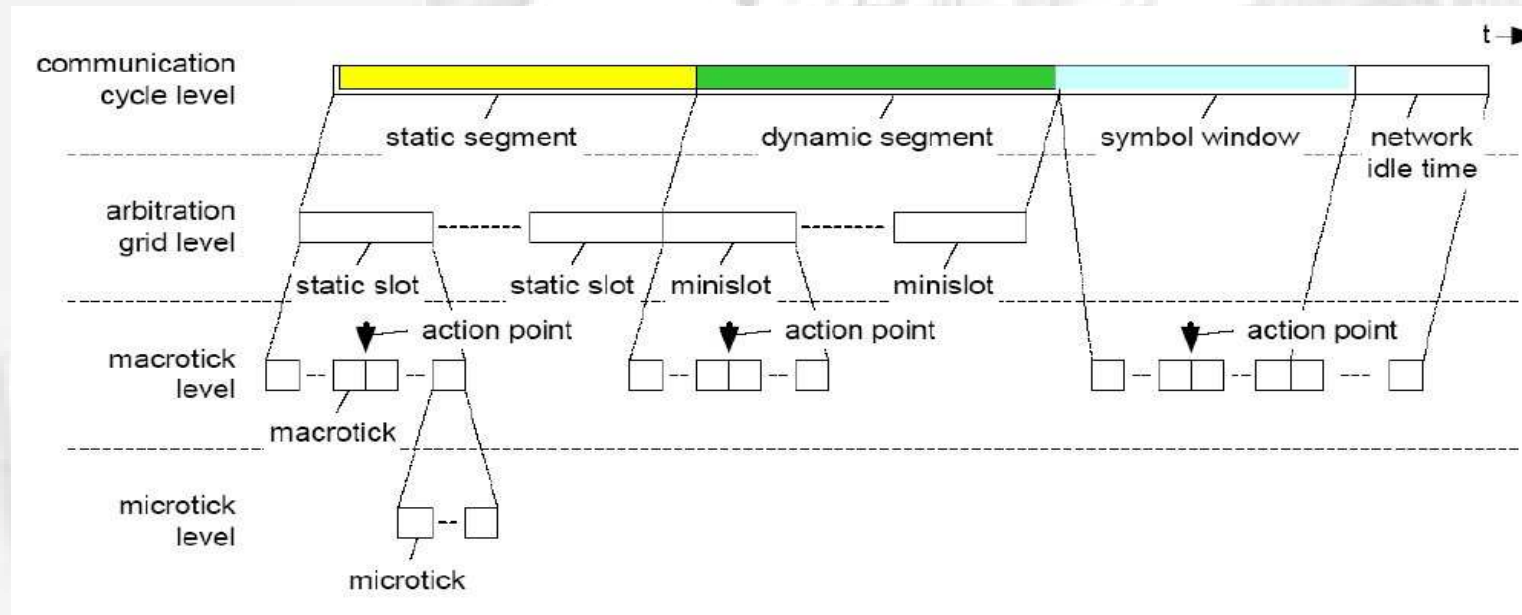


# FlexRay: Frame





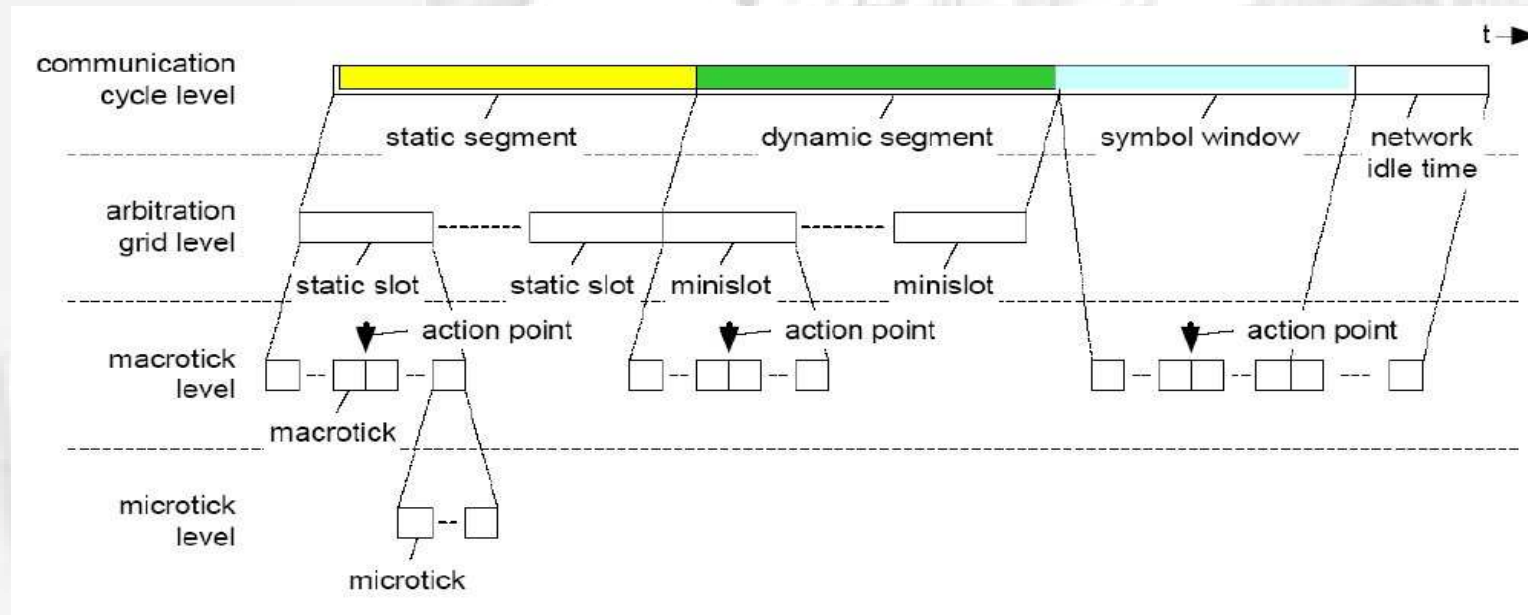
# FlexRay: Segmento Statico e Dinamico



- **Microtick level**
  - Time base propria del nodo
  - Non è sincronizzato con il resto del sistema



# FlexRay: Segmento Statico e Dinamico



- **Macrotick level**
  - Intervallo di tempo che deriva dall'algoritmo cluster-wide per la sincronizzazione



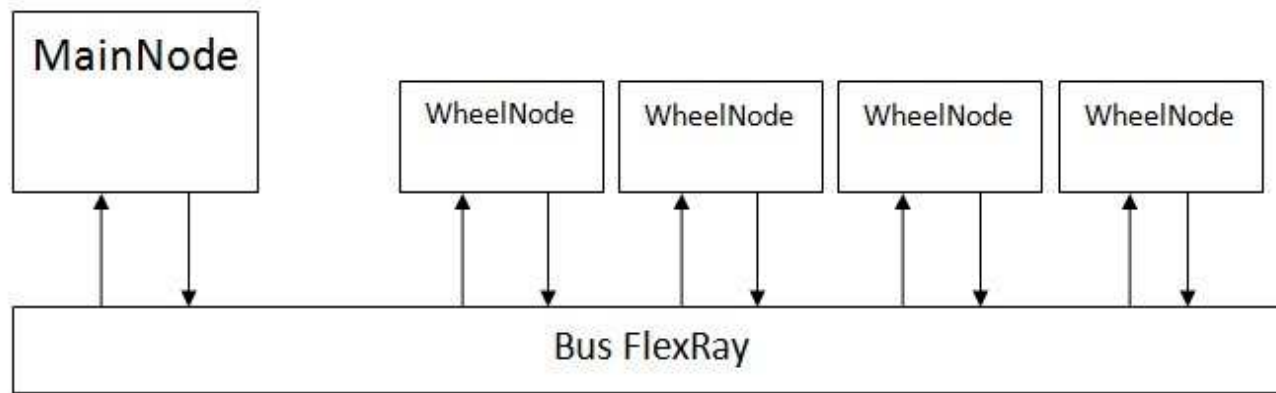
# Sommario

- Introduzione
- Sistemi Brake by Wire
- Protocollo FlexRay
- **Modello e simulazioni**
- Conclusioni e sviluppi futuri



# Modello

- Rappresenta un veicolo formato da un nodo principale più quattro nodi ruota che comunicano su FlexRay







## Modello: Frenata

- Calcolo della forza frenante:

$$\ddot{x} = \frac{\sum_i \mu_{x_i} F_{z_i} - 0.5 \rho_a V^2 S C_x - f_v \sum_i F_{z_i} - Mg \sin \alpha}{M}$$

Dove:

- Il primo termine rappresenta la forza frenante dovuta al contributo freni
- Il secondo è il contributo di frenata aerodinamica



## Modello: Frenata

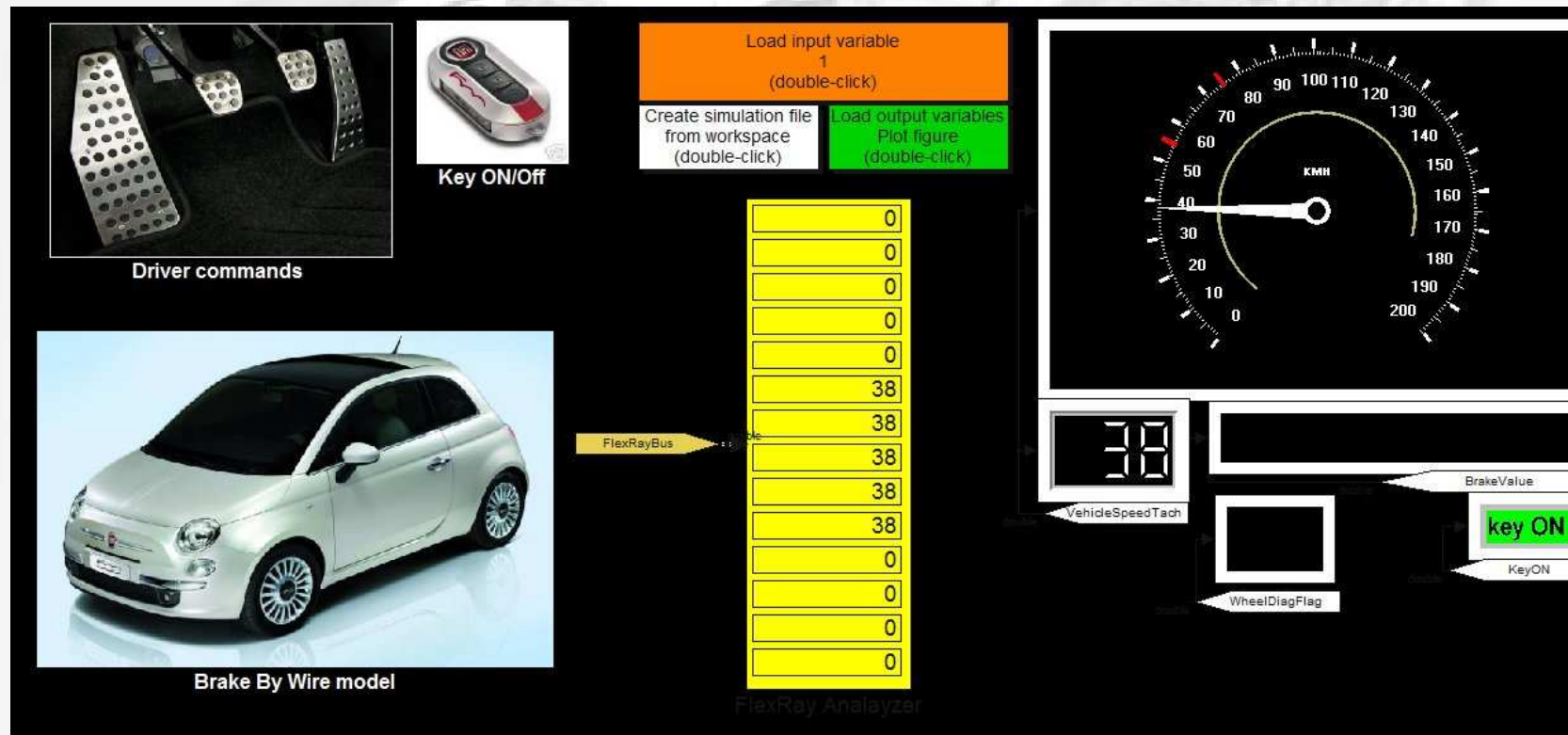
- Il terzo è il contributo dovuto all'attrito volvente
- L'ultimo termine dipende dalla pendenza del veicolo
- La velocità del veicolo è esprimibile come:

$$V(t) = V(t-1) - \ddot{x}(t)T$$



# Modello: Realizzazione

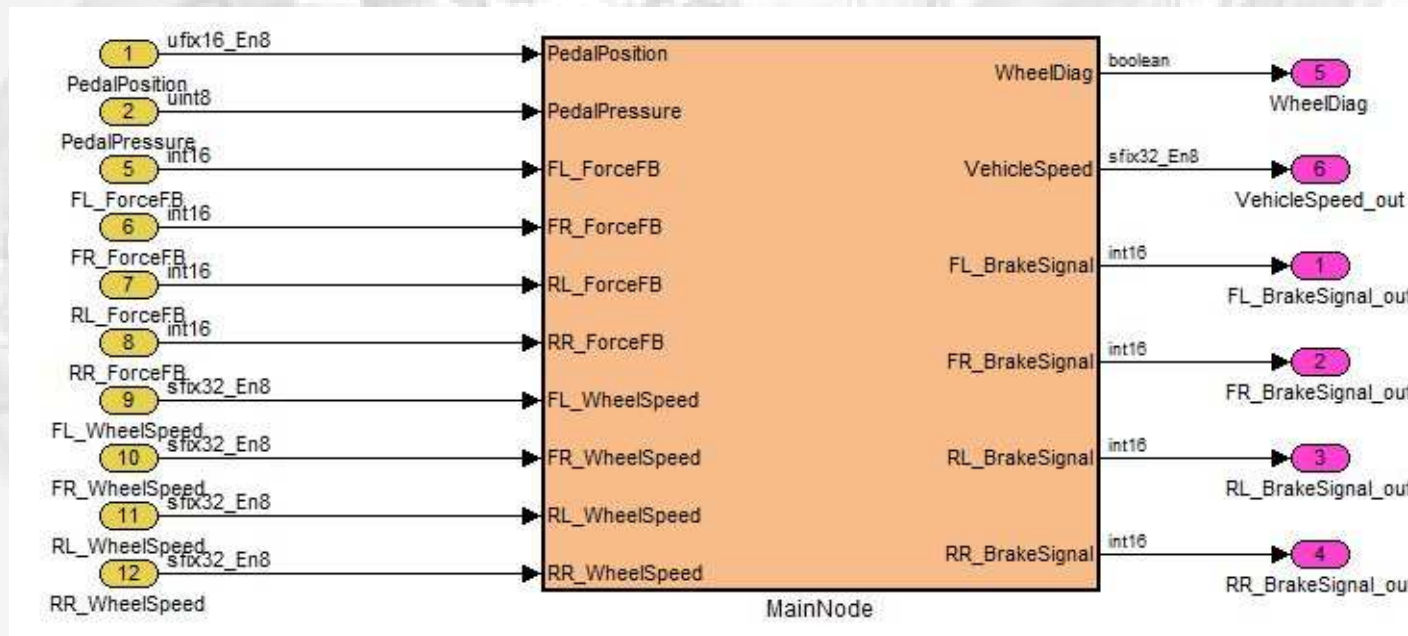
- **Interfaccia grafica**





# Modello: Realizzazione

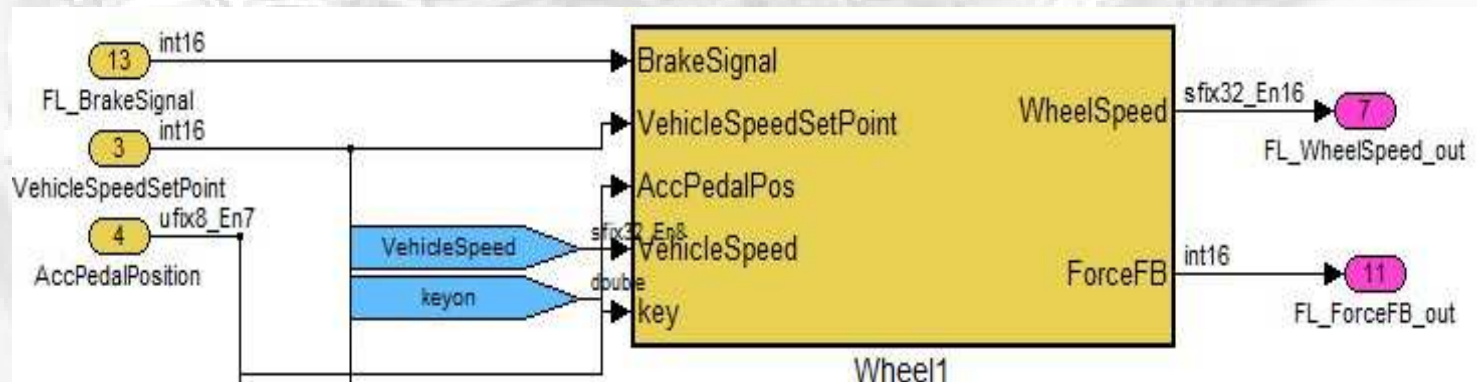
- **MainNode: nodo principale**





# Modello: Realizzazione

- **WheelNode:** ruota anteriore sinistra





# Modello: Simulazione senza fault

- **Simulazione senza fault:**
  - Accelerazione costante
  - Posizione iniziale del pedale freno nulla
  - Velocità massima raggiungibile 130 km/h
  - Frenata dopo un certo intervallo di tempo
  - Rallentamento del veicolo e successivo aumento della velocità



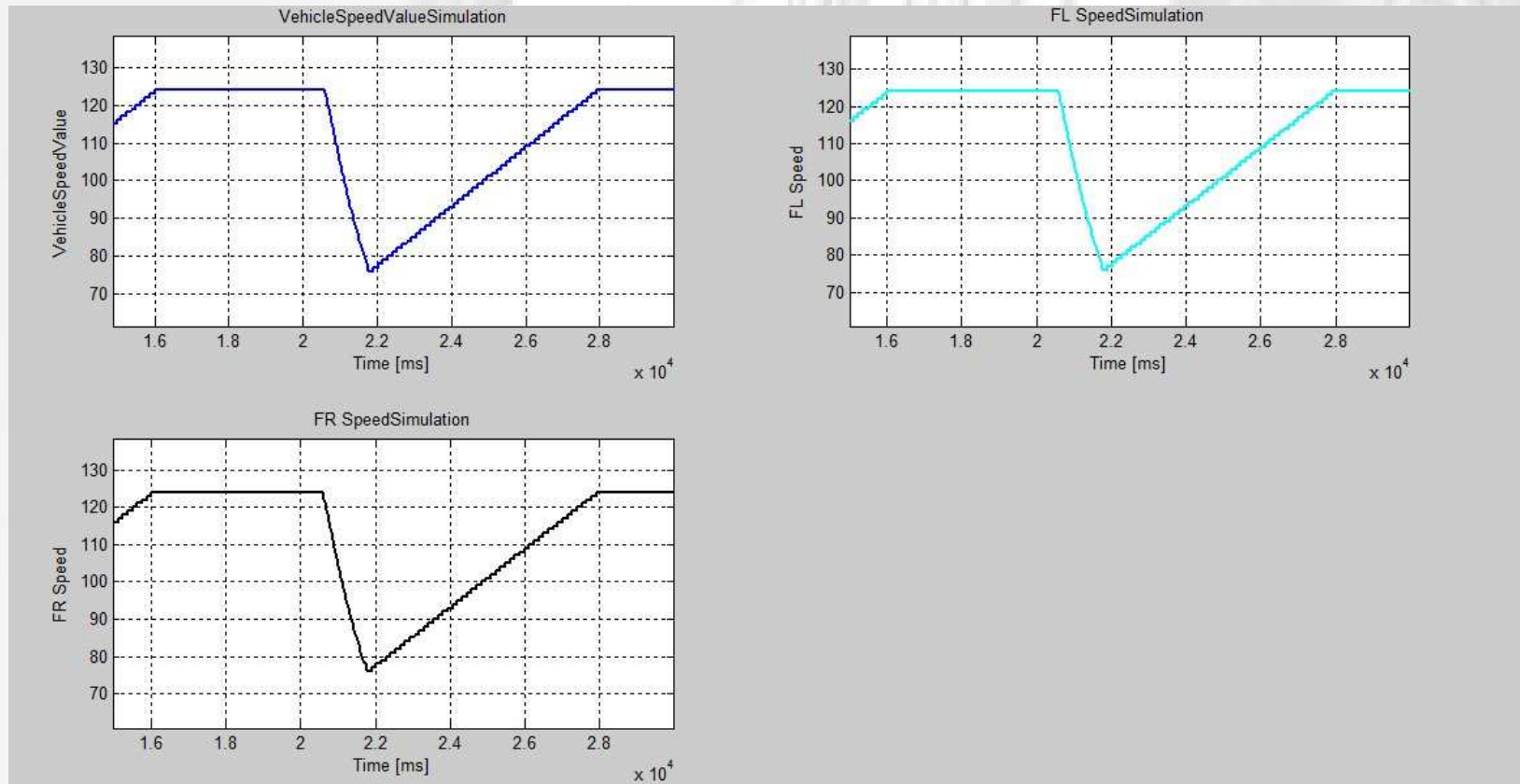
## Modello: Risultati

- Il sistema ha risposto correttamente agli input
- **La velocità [km/h]:**
  - Si riduce al cambiare del valore di posizione del pedale
  - Si annulla
  - Riprende a crescere al termine della frenata impostando, cioè valore posizione pedale paro a zero





# Modello: Risultati





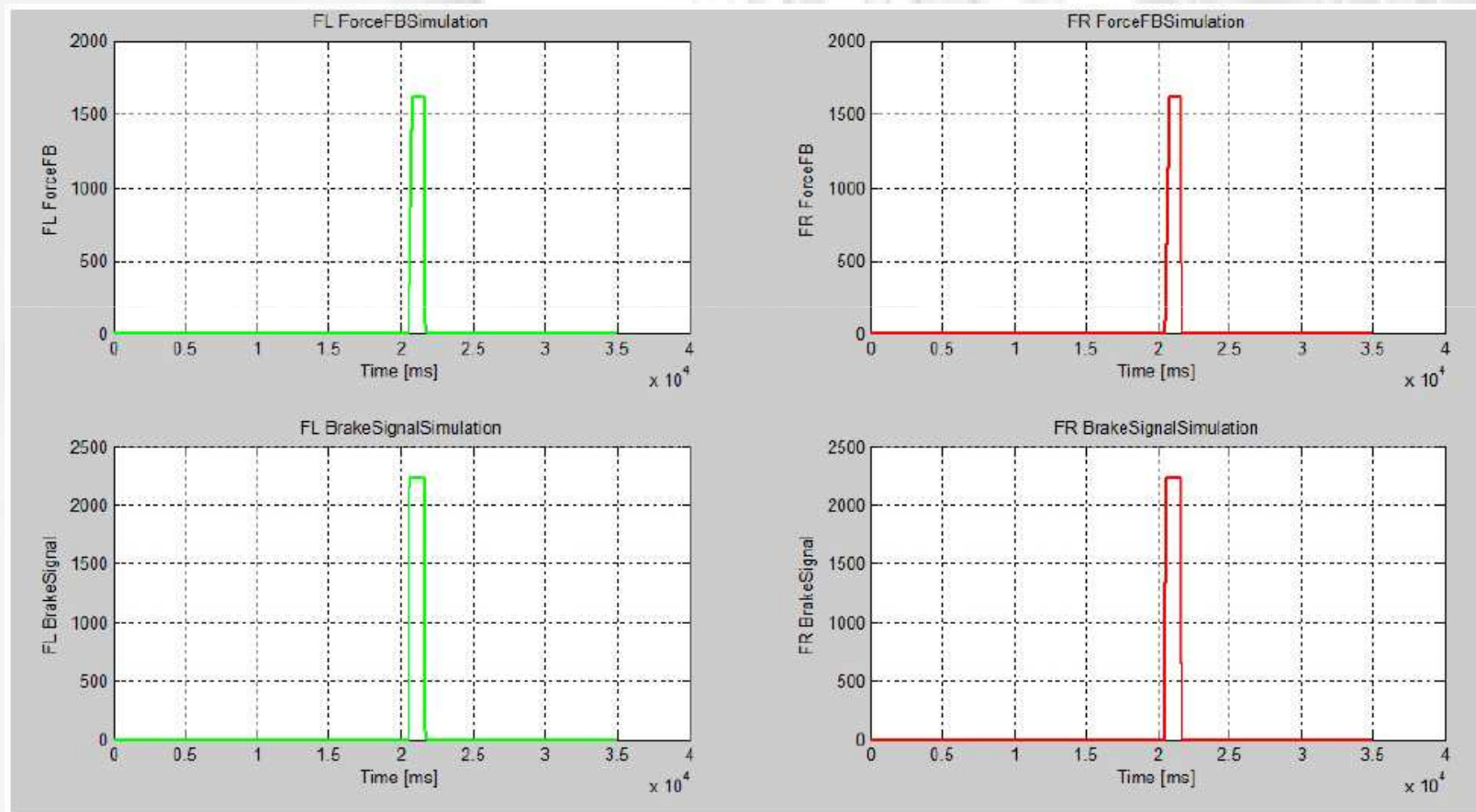


## Modello: Risultati

- **Forza [N]:**
  - Come atteso la forza viene ripartita correttamente in entrambe le ruote
  - La forza applicata realmente risulta minore di quella calcolata dal MainNode



# Modello: Risultati





# Modello: Simulazione con fault

- **Condizioni iniziali:**
  - Accelerazione costante
  - Velocità massima raggiungibile 150 Km/h
  - Posizione iniziale del pedale freno nulla
- **Il veicolo subisce un fault:**
  - Vengono modificati, in modo inadeguato, durante la simulazione il coefficiente di ripartizione della forza e il coefficiente di attrito volvente della ruota FL



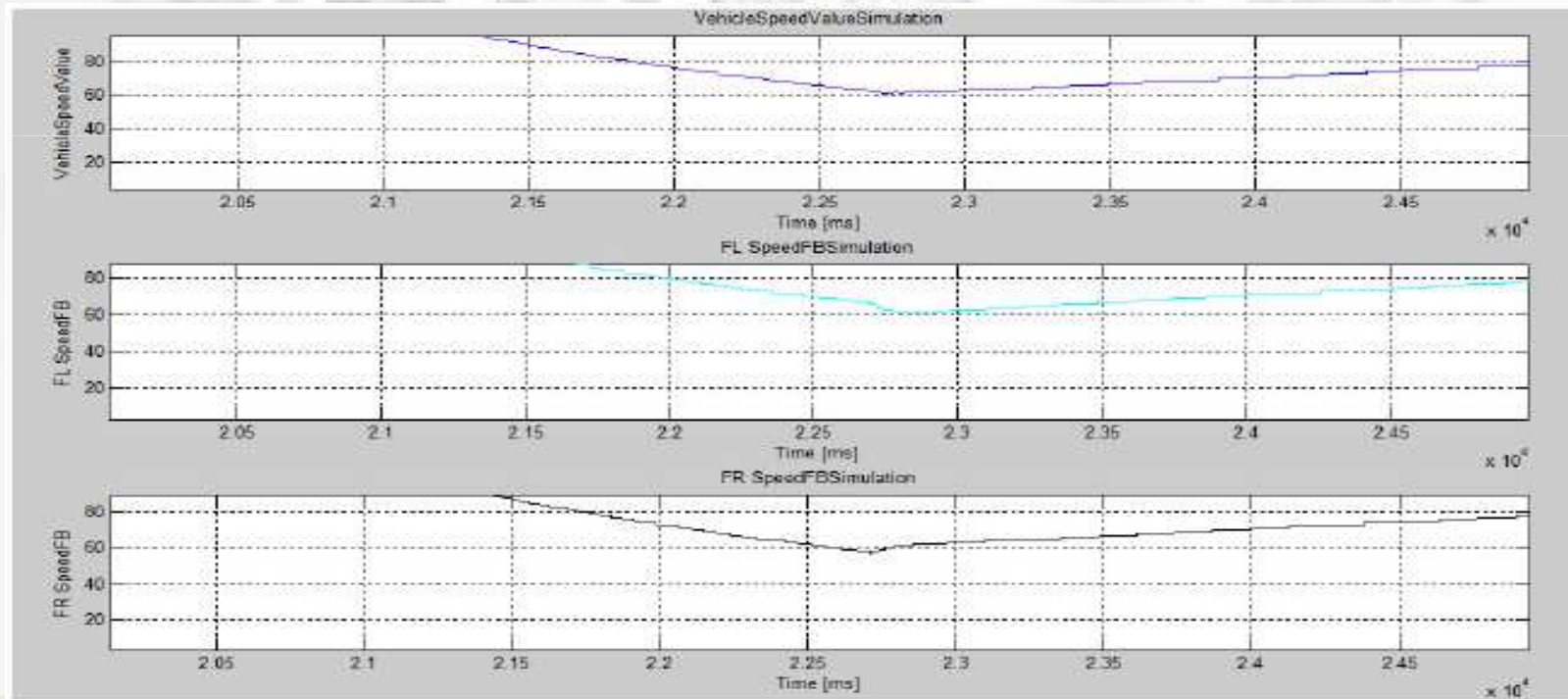
## Modello: Simulazione con fault

- La ruota FL, durante la frenata, ha una velocità che differisce dalle altre di un valore maggiore del range imposto
- La variabile che rileva la diagnosi cambia stato
- Il sistema rileva il guasto, la velocità viene riallineata e lo stato di diagnosi torna allo stato 0



## Modello: Risultati

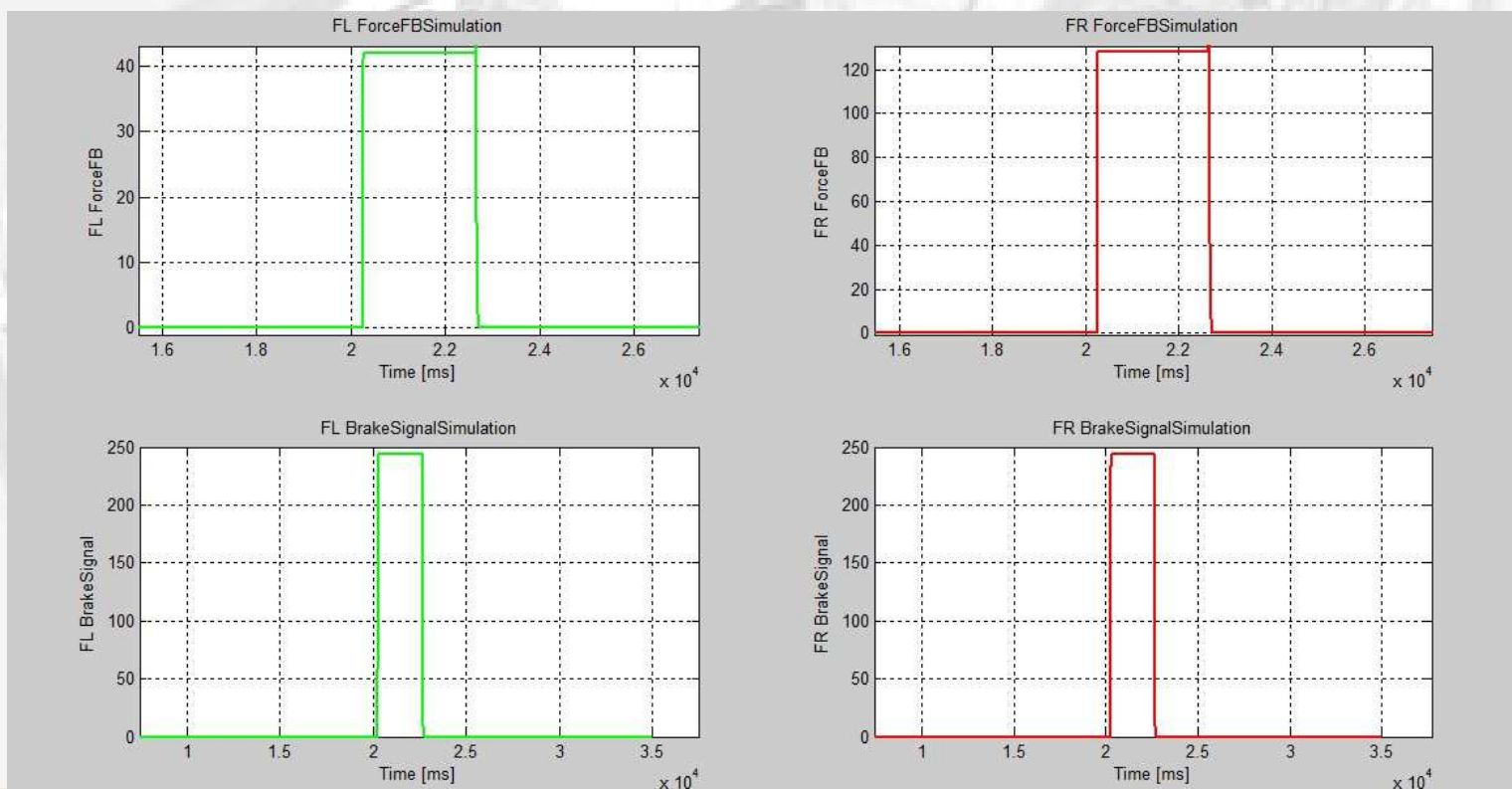
- Andamento della velocità del veicolo, della FL e della FR





# Modello: Risultati

- Andamento della forza frenante

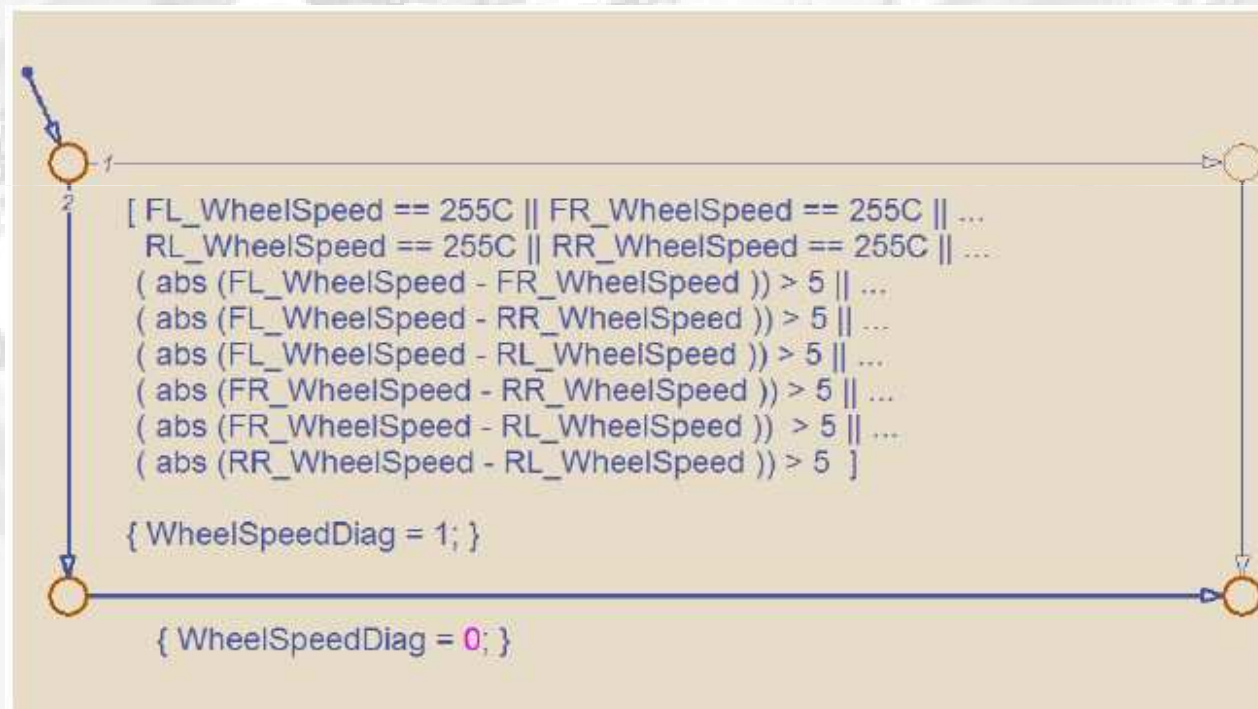






## Modello: Risultati

- Diagramma a stati prima del fault:





## Modello: Risultati

- Diagramma a stati dopo il fault:

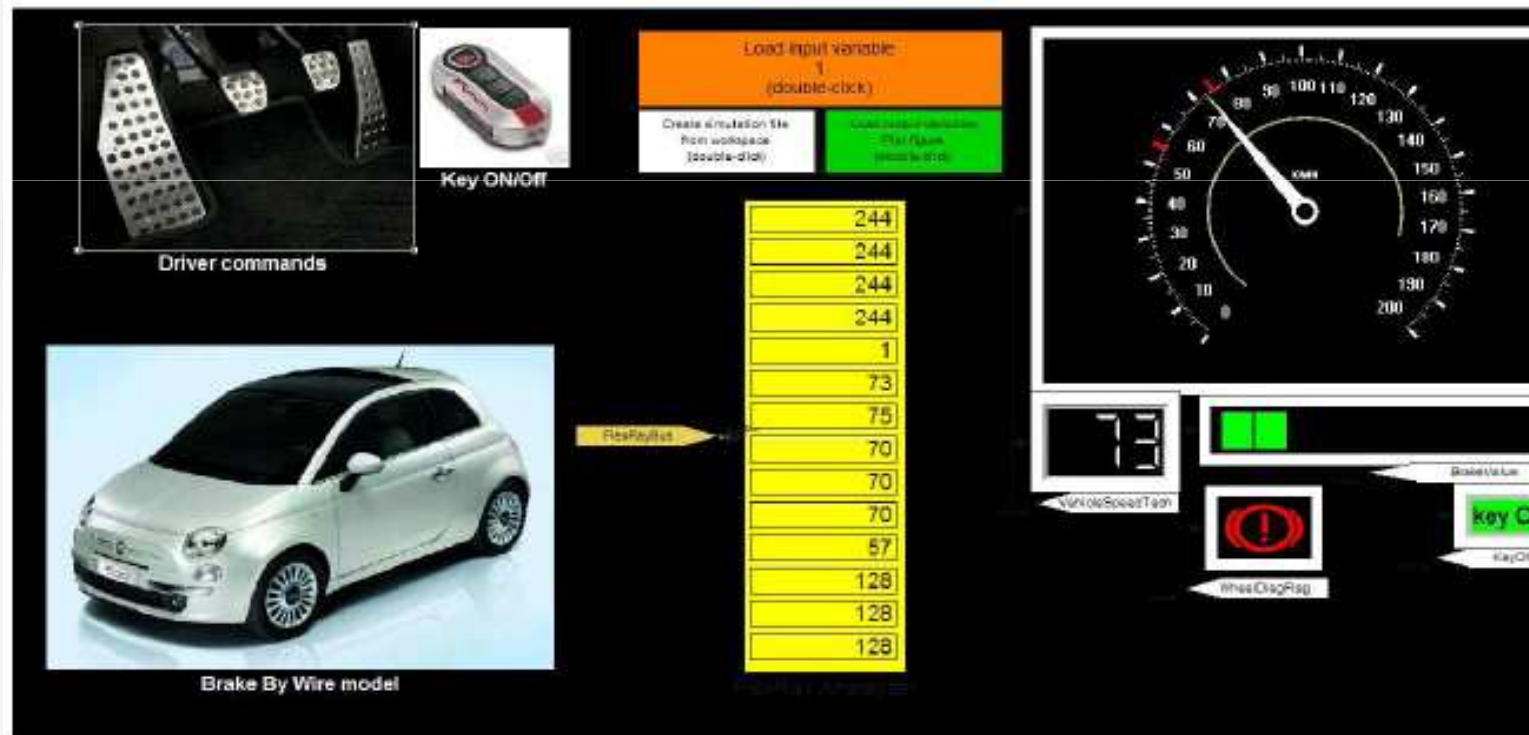






# Modello: Risultati

- Interfaccia grafica dopo il fault





# Sommario

- Introduzione
- Sistemi Brake by Wire
- Protocollo FlexRay
- Modello e simulazioni
- **Conclusioni e sviluppi futuri**



## Conclusioni e sviluppi futuri

- Si è realizzato un'architettura distribuita e modulare, in grado di ospitare una generica funzionalità distribuita
- I risultati ottenuti sono quelli attesi
  - Valore e tempo di frenata risultano non discostare dai valori reali
  - Il tempo di accelerazione varia leggermente dai valori osservabili nella realtà
  - Buona diagnosi di rilevazione fault



## Conclusioni e sviluppi futuri

- Le informazioni che viaggiano su FlexRay risultano corrette, non si rileva perdita di dati
- Testare il modello con sistemi più complicati per verificarne l'effettiva validità
- Generare codice C per il microprocessore da downlogare e debuggare sulle schede collegate a 2 PC sfruttando il FlexRay Analyzer



Università degli Studi di Cagliari  
Facoltà di Ingegneria  
Corso di Laurea in Ingegneria delle Telecomunicazioni



akhela

# Vi ringrazio per l'attenzione

21 Luglio 2009

Modellazione, Implementazione e  
Simulazione di un Sistema Brake by Wire su  
FlexRay