



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

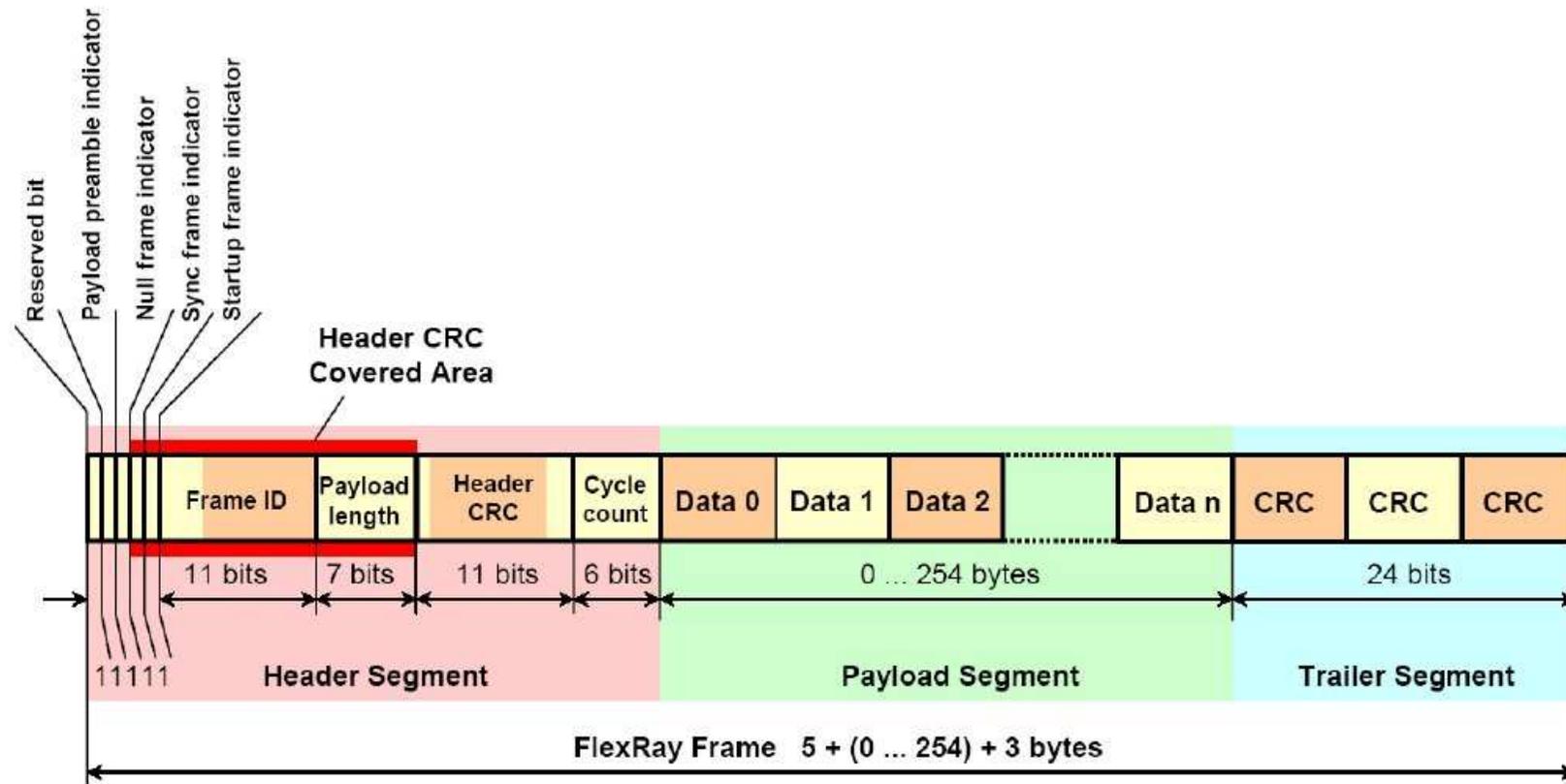


FlexRay: Caratteristiche

- 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

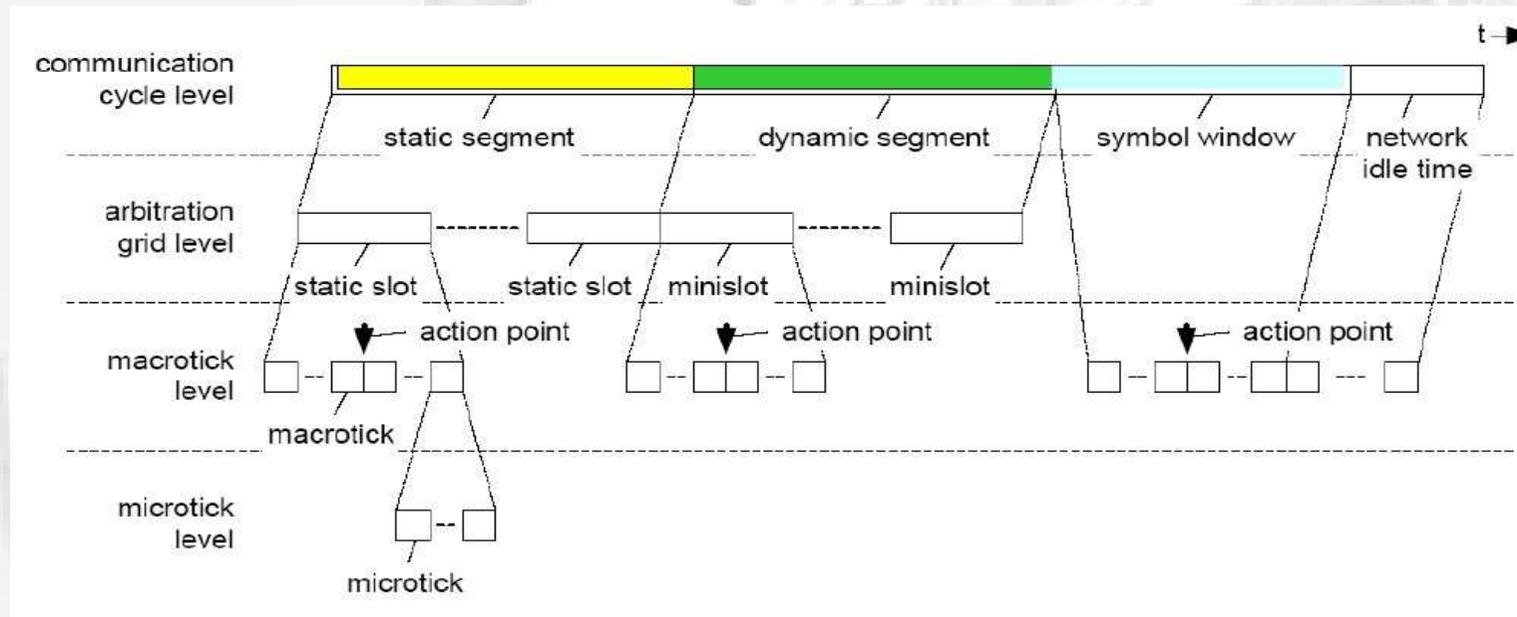


FlexRay: Frame





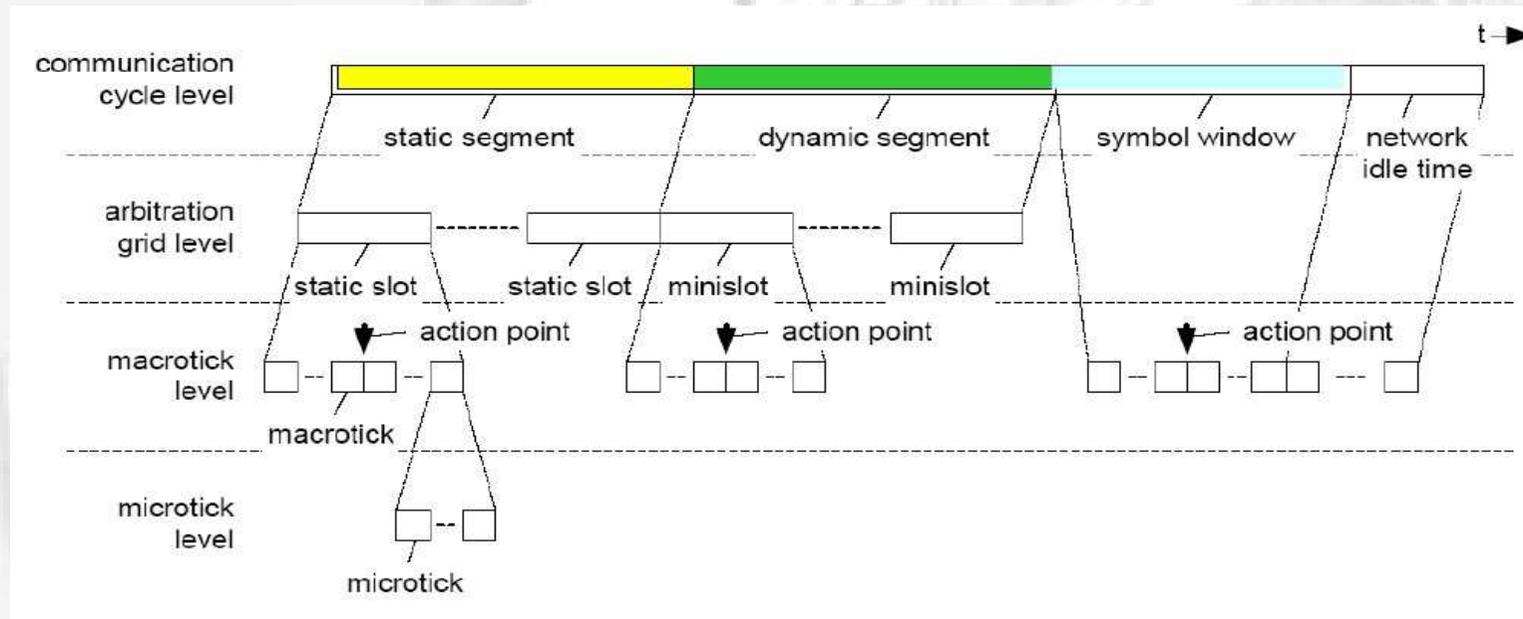
FlexRay: Segmento Statico e Dinamico



- **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



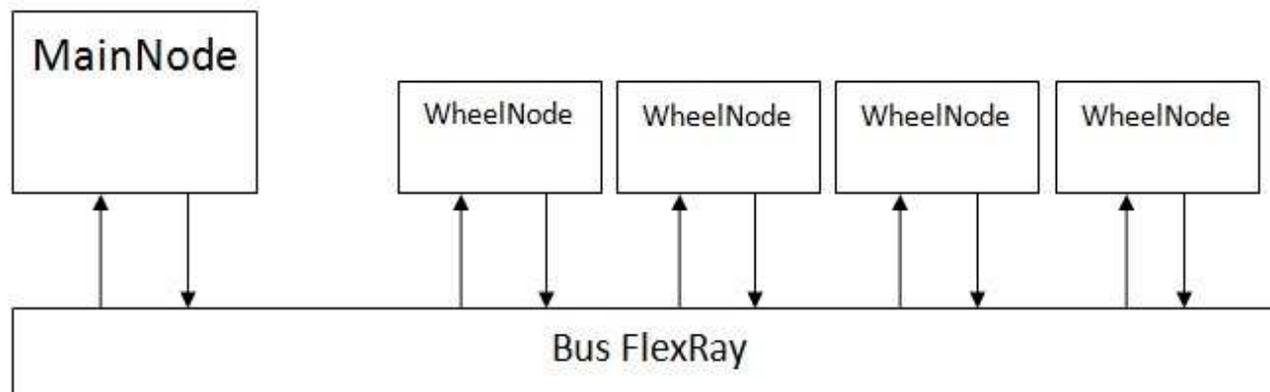
Sommario

- 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

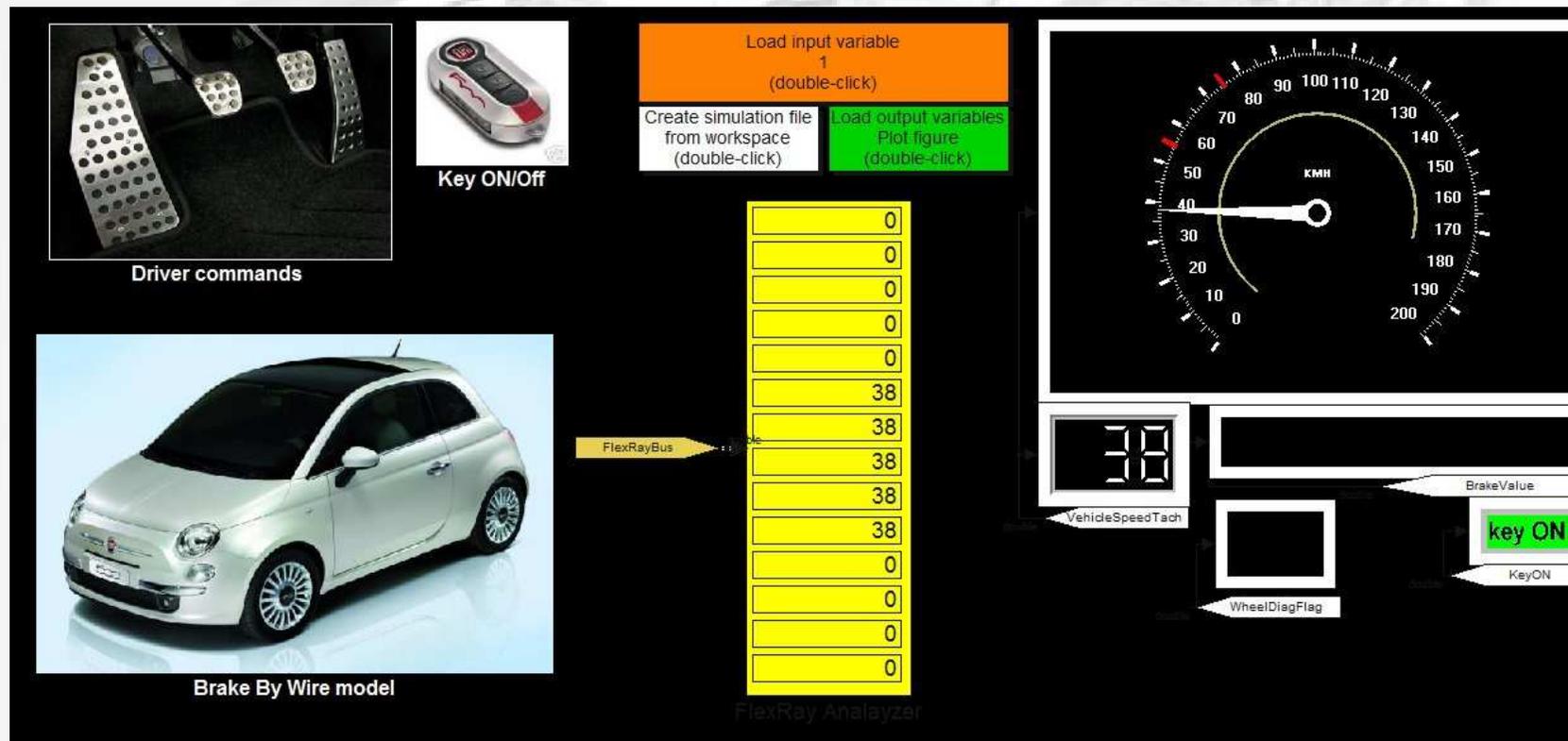
- Il terzo è il contributo dovuto all'attrito volvente
- L'ultimo termine dipende dalla pendenza del veicolo
- La velocità del veicolo è esprimibile come:

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



Modello: Realizzazione

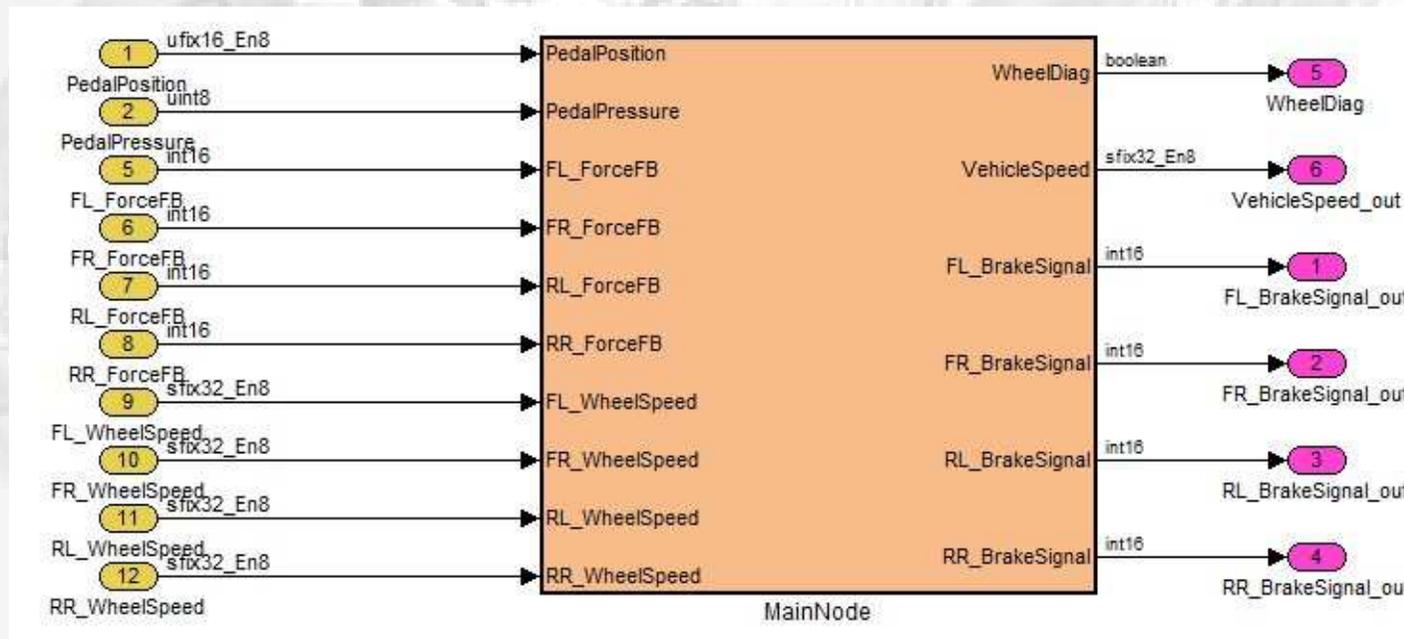
- **Interfaccia grafica**





Modello: Realizzazione

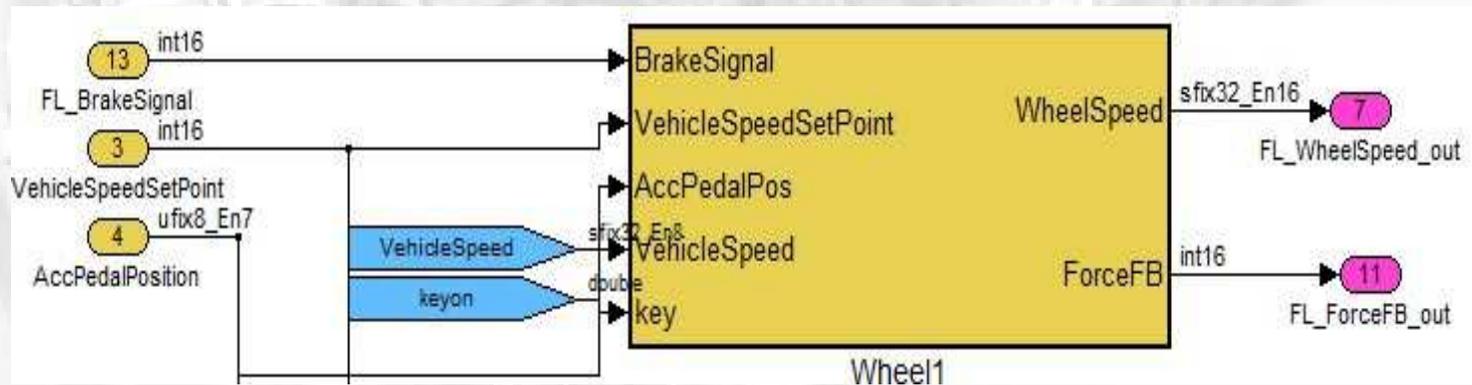
- **MainNode: nodo principale**





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

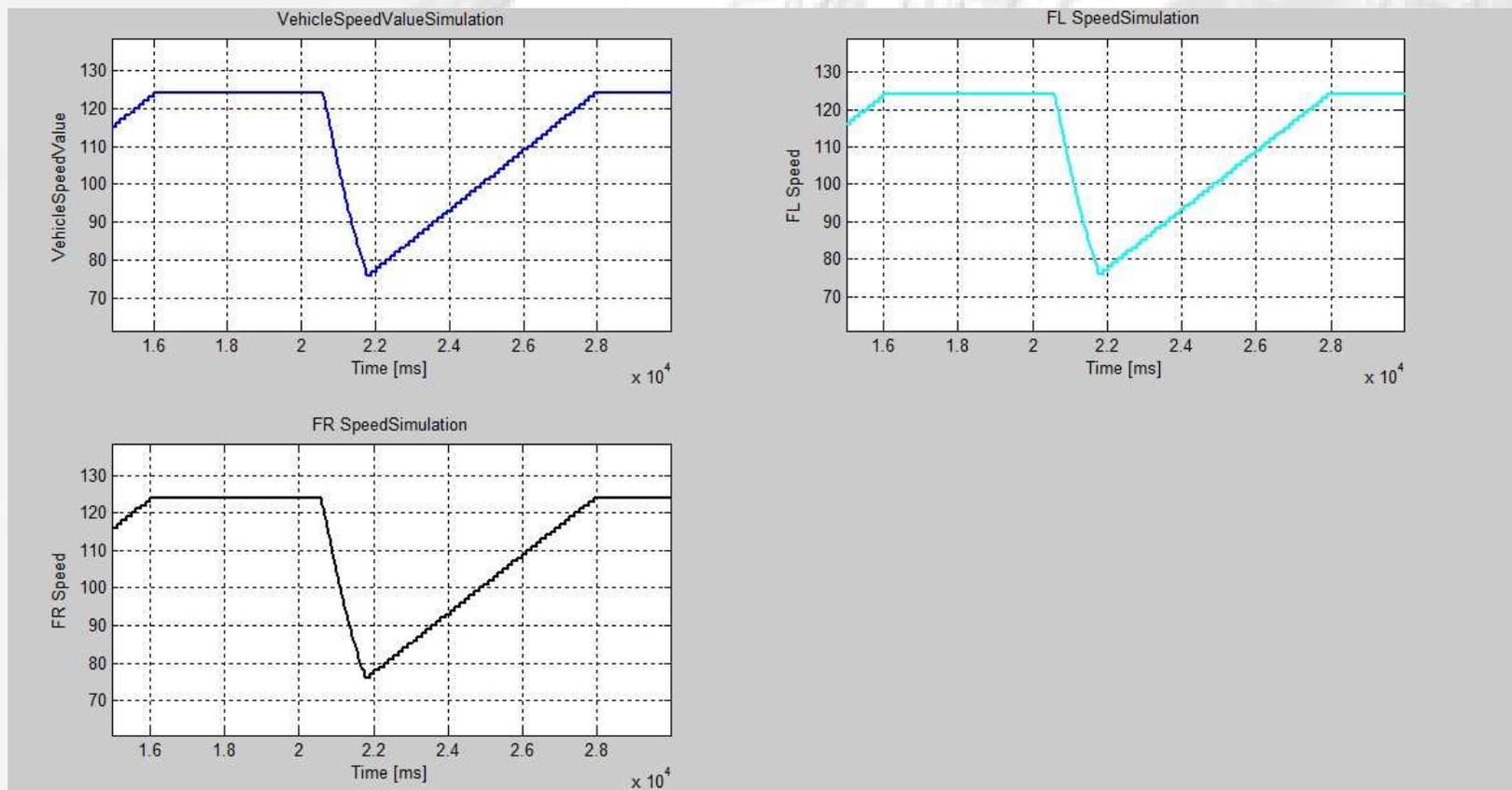


Modello: Risultati

- 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



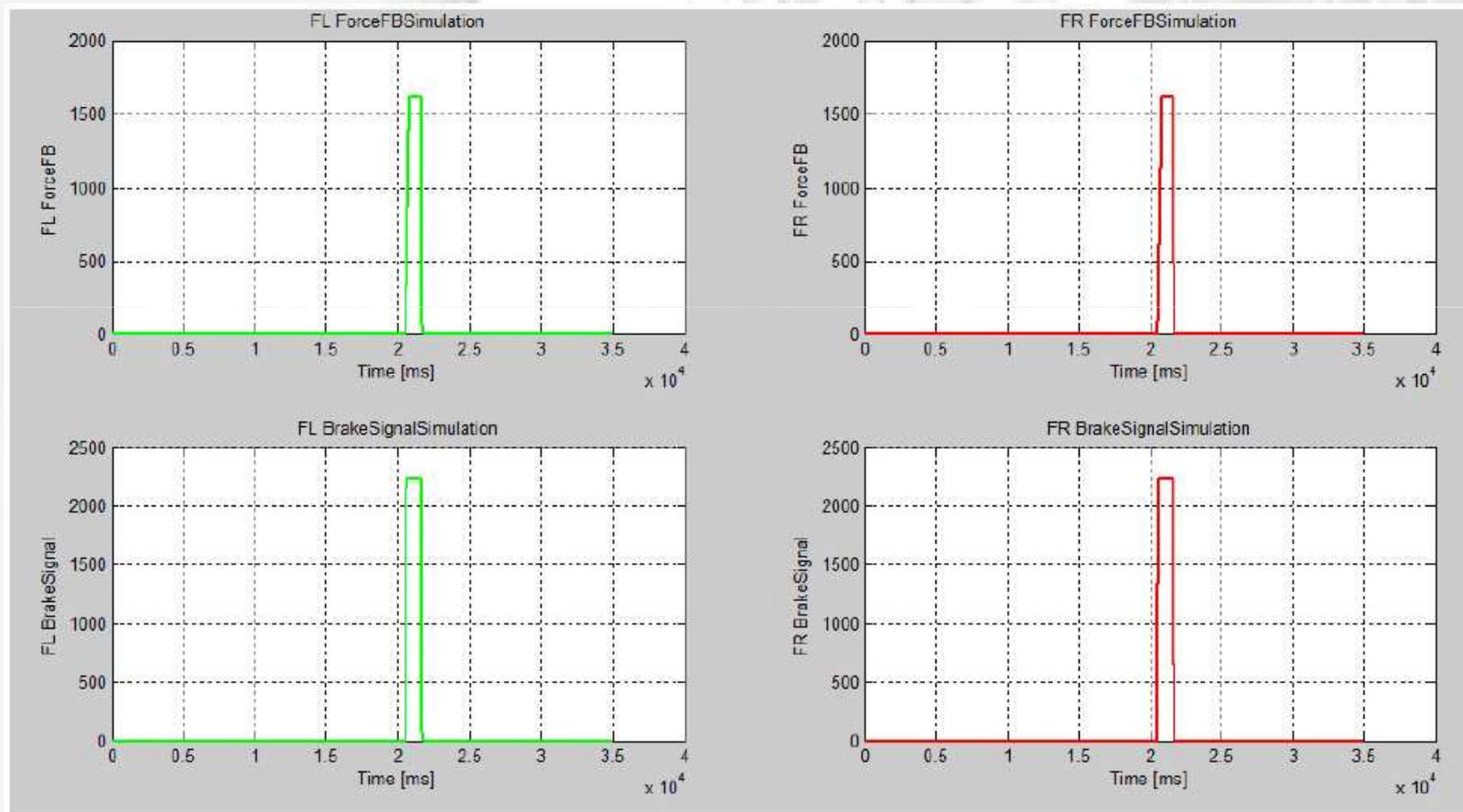


Modello: Risultati

- **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



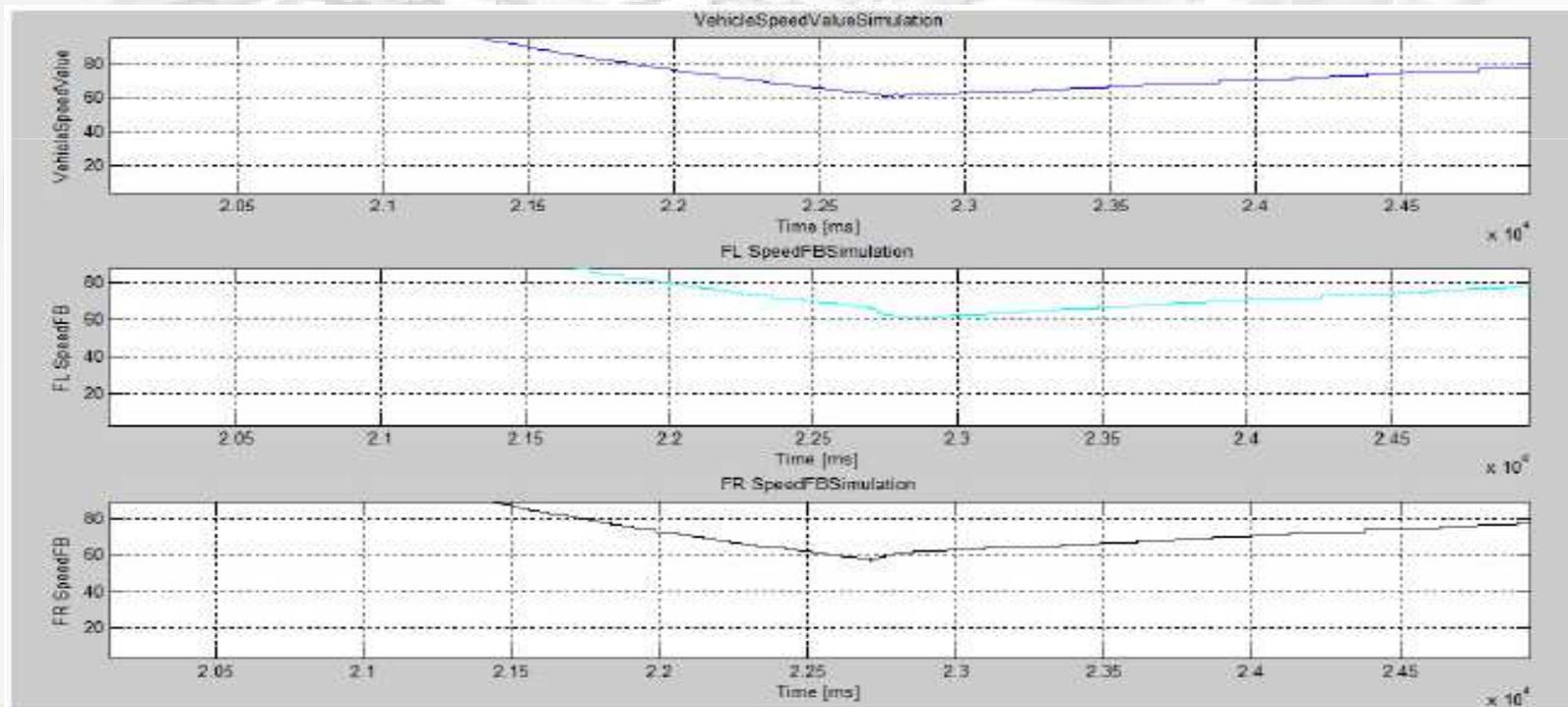
Modello: Simulazione con fault

- 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

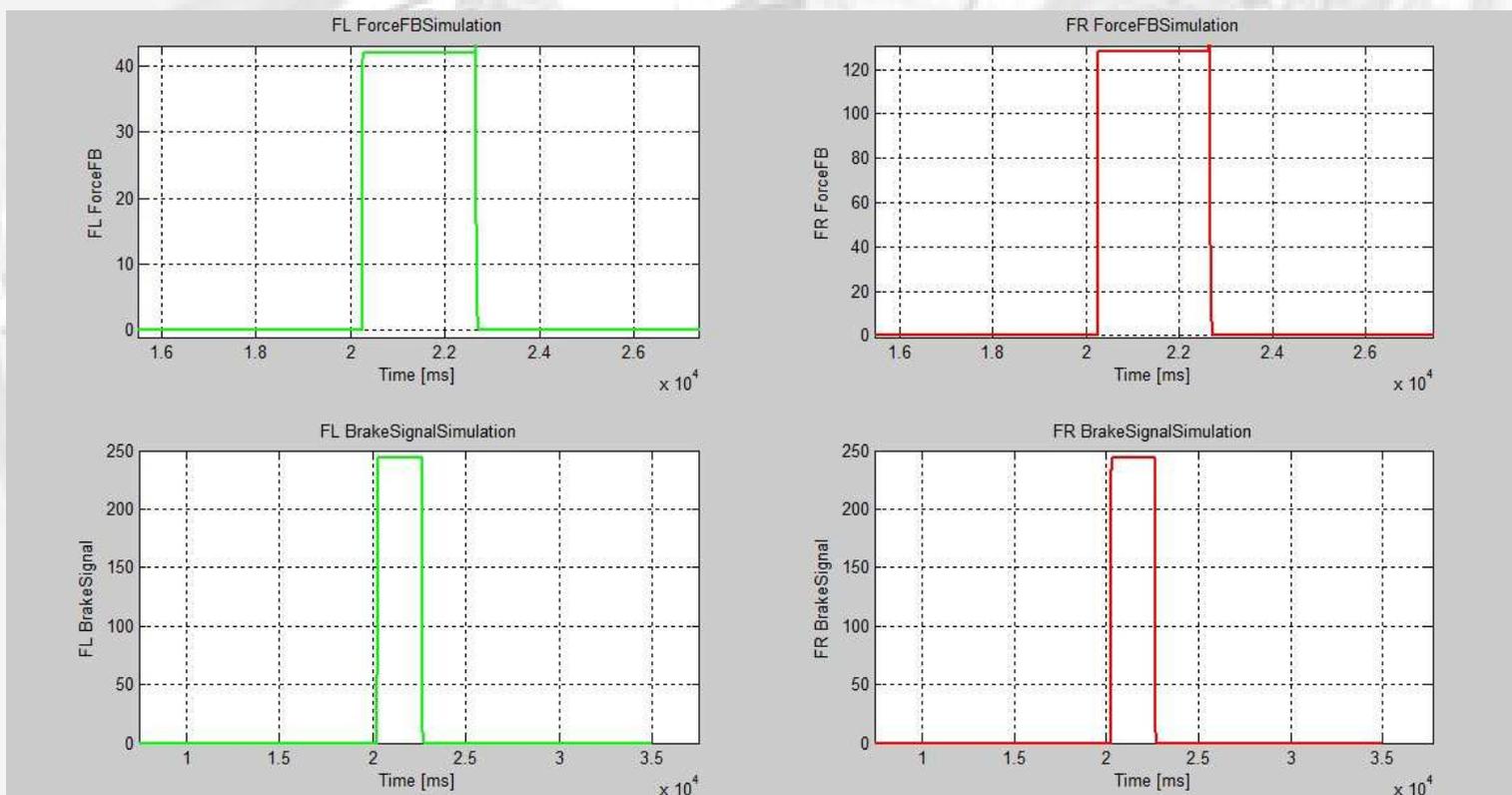
- Andamento della velocità del veicolo, della FL e della FR





Modello: Risultati

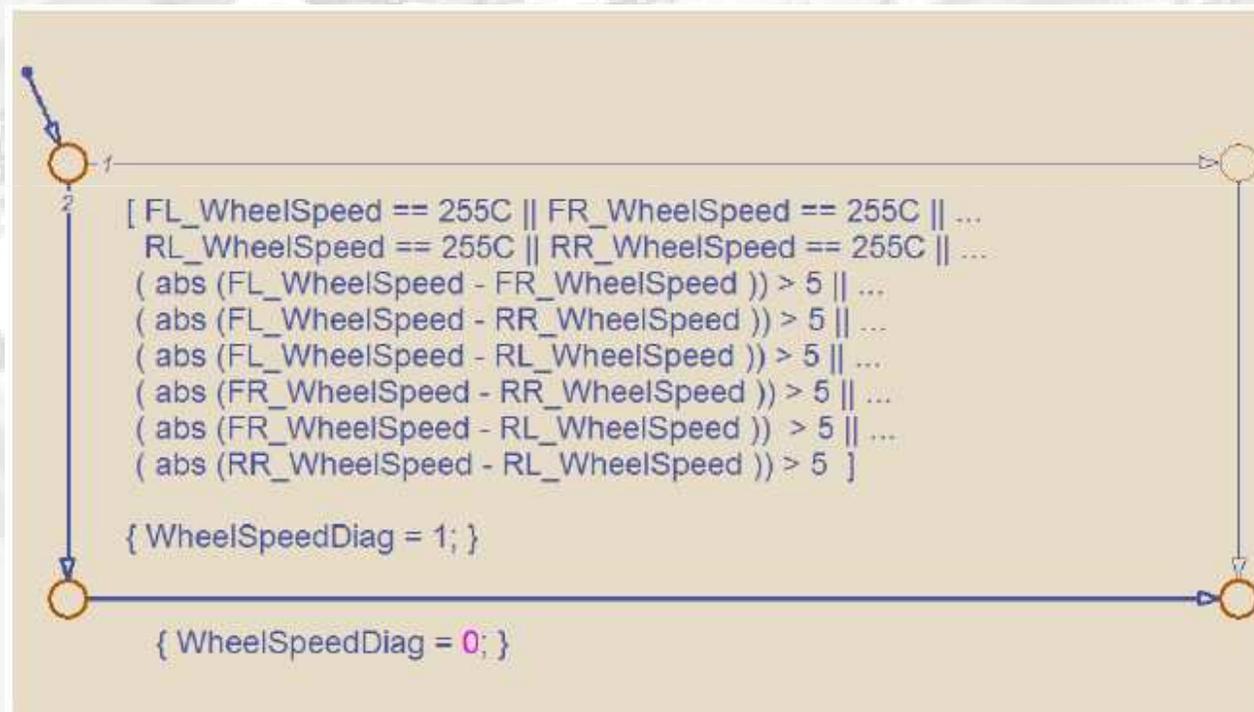
- Andamento della forza frenante





Modello: Risultati

- Diagramma a stati prima del fault:





Modello: Risultati

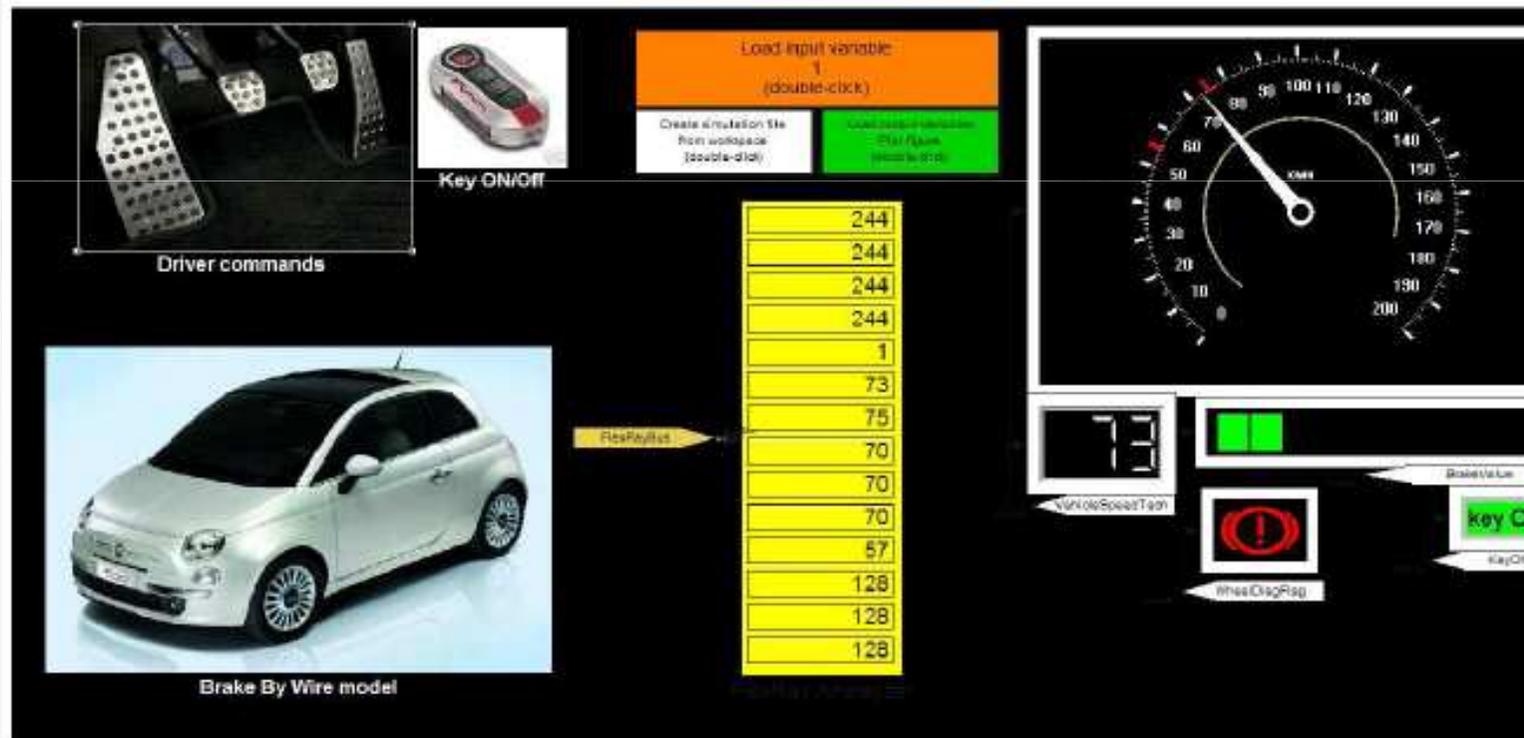
- Diagramma a stati dopo il fault:





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