

- 2.1 – Il veicolo prototipale → Contesto del mezzo per il quale il software è pensato
- 2.2 – Panoramica sui veicoli offroad → Inquadramento delle esigenze dinamiche e ambientali
- 2.3 – Il sistema attuale di bloccaggio → Come funziona ora e quali limiti ha
- 2.4 – Collocazione e ruolo del software di controllo → Cosa deve fare il software all'interno del sistema veicolo
- 2.5 – Ciclo di sviluppo software automotive → In quale fase si inserisce il progetto, con quali strumenti
- 2.6 – Architettura centraline → Quali centraline sono coinvolte e come interagiscono
- 2.7 – Comunicazione CAN → Come le centraline si parlano, struttura del bus

# Capitolo 1

## Stato dell'arte

### 1.1 Il differenziale e il suo funzionamento nei veicoli 4x4

Il differenziale è un componente meccanico fondamentale che consente alle ruote motrici di girare a velocità differenti, condizione necessaria nelle curve per evitare slittamenti indesiderati. Tuttavia, in condizioni off-road, questa libertà di rotazione può compromettere la trazione: quando una ruota perde aderenza, l'intera coppia viene deviata verso di essa.

Nei veicoli 4x4, sono presenti generalmente più differenziali: anteriore, posteriore e centrale. Per migliorare le prestazioni in fuoristrada, si adottano sistemi di **bloccaggio differenziale**, che annullano la funzione differenziale per forzare le ruote a girare solidali.

### 1.2 Tipologie di bloccaggio differenziale

Esistono diversi metodi per il bloccaggio del differenziale:

- **Manuale:** l'utente attiva il blocco tramite leva o comando elettrico;
- **Automatico meccanico:** sistemi a slittamento limitato (LSD) attivati dalla differenza di velocità tra le ruote;
- **Automatico controllato elettronicamente (EDL):** impiega sensori e logiche software per attivare il blocco in funzione delle condizioni di marcia.

In questo lavoro si studia un sistema **di controllo automatico software** per il bloccaggio, basato su segnali provenienti da sensori veicolo.

### 1.3 Modellazione del veicolo e condizioni operative

Per l'implementazione del controllo, è fondamentale un modello dinamico semplificato del veicolo che consenta di stimare:

- la velocità angolare delle ruote;
- la coppia motrice;
- il coefficiente di aderenza ruota-suolo;
- eventuali differenze tra ruote (indicativo di slittamento).

Il sistema verrà modellato in **Simulink** per agevolare l'integrazione con tool di generazione automatica del codice (*Embedded Coder*).

## 1.4 Strategie di controllo automatico

Una logica di controllo efficace per il bloccaggio automatico del differenziale dovrebbe tenere conto di condizioni specifiche, come:

- slittamento di una ruota rispetto all'altra sull'asse;
- velocità del veicolo;
- condizioni di trazione (derivate indirettamente);
- richieste del conducente (acceleratore, freno).

Una strategia semplice potrebbe essere definita in base al **differenziale di velocità** tra le ruote di uno stesso asse. Se questo valore supera una soglia per un tempo definito, si attiva il blocco:

$$\Delta\omega = |\omega_{sx} - \omega_{dx}| > \Delta\omega_{th} \quad (1.1)$$

Dove:

- $\omega_{sx}$  e  $\omega_{dx}$  sono le velocità angolari delle ruote sinistra e destra;
- $\Delta\omega_{th}$  è la soglia di attivazione;

A questa logica base, si possono aggiungere criteri di isteresi e tempo minimo di persistenza, per evitare attivazioni errate o instabili.

## 1.5 Architetture software per il controllo veicolo

Per l'implementazione, il controllo software sarà suddiviso in moduli:

- **Acquisizione sensori:** lettura segnali da ABS, encoder ruota, ecc.
- **Elaborazione segnali:** filtraggio, calcolo del delta velocità;
- **Logica decisionale:** attivazione/disattivazione blocco;
- **Uscita:** comando all'attuatore del blocco.

Il tutto sarà progettato in ambiente **Simulink**, con successiva generazione automatica del codice in C per implementazione sulla centralina ECU tramite toolchain MATLAB.