

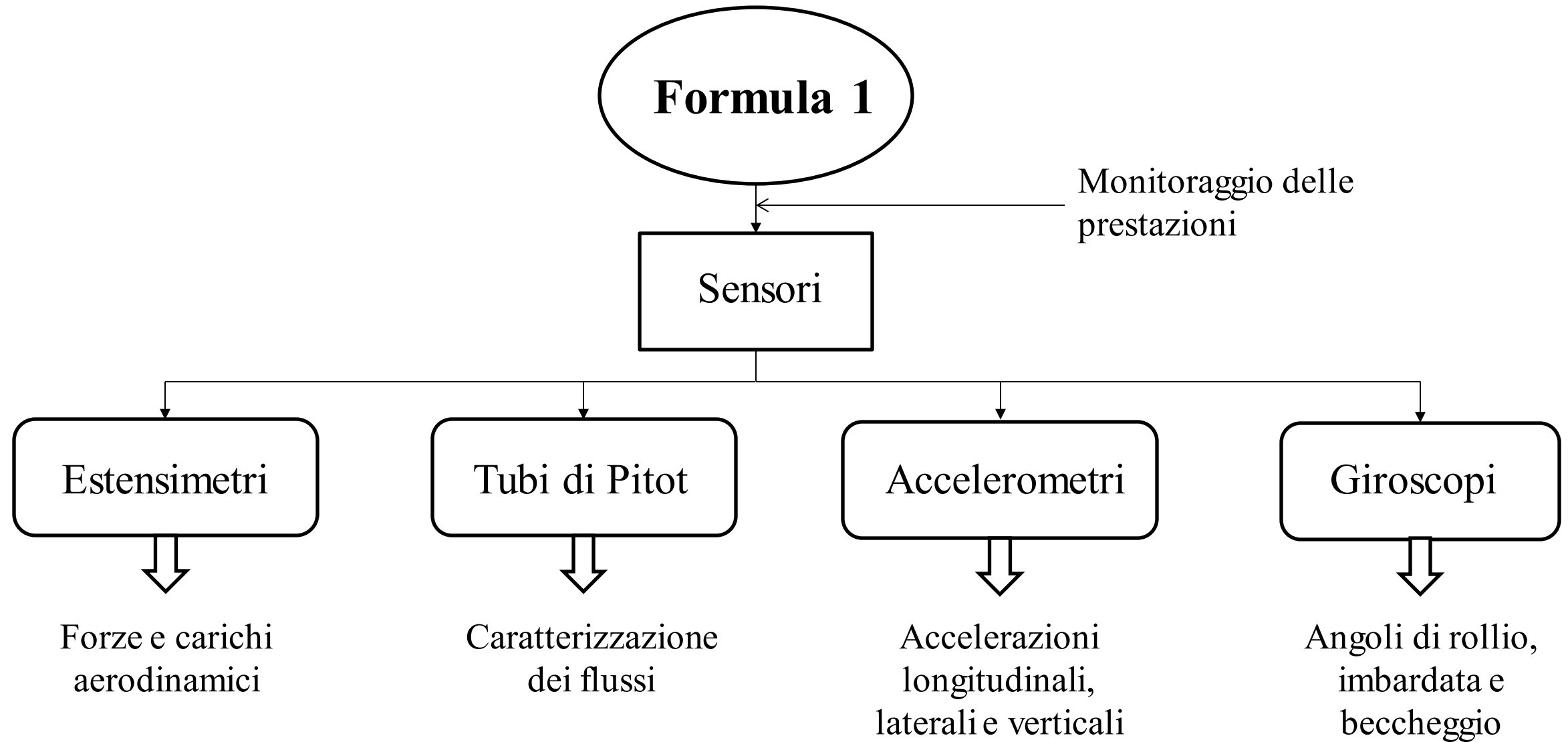
Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

***Relazione per la prova finale
«Sensori e misure per la Formula 1»***

Tutor universitario: Prof. Andrea Valmorbida

Laureando: *Riccardo Castagna*

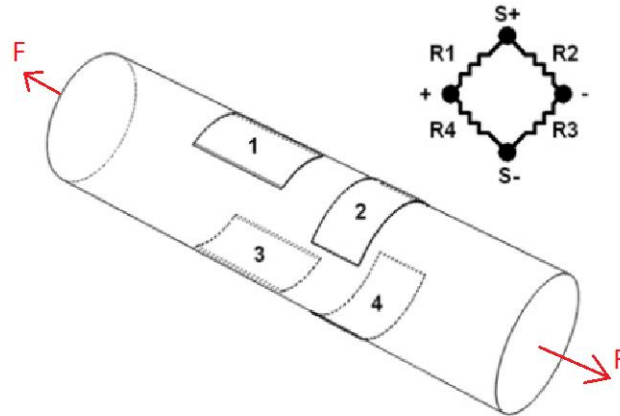
Padova, 19/09/2023



➤ Determinazione delle forze agenti sulle sospensioni

→ Si vuole valutare una modifica dell'assetto o testare un nuovo sistema di sospensioni

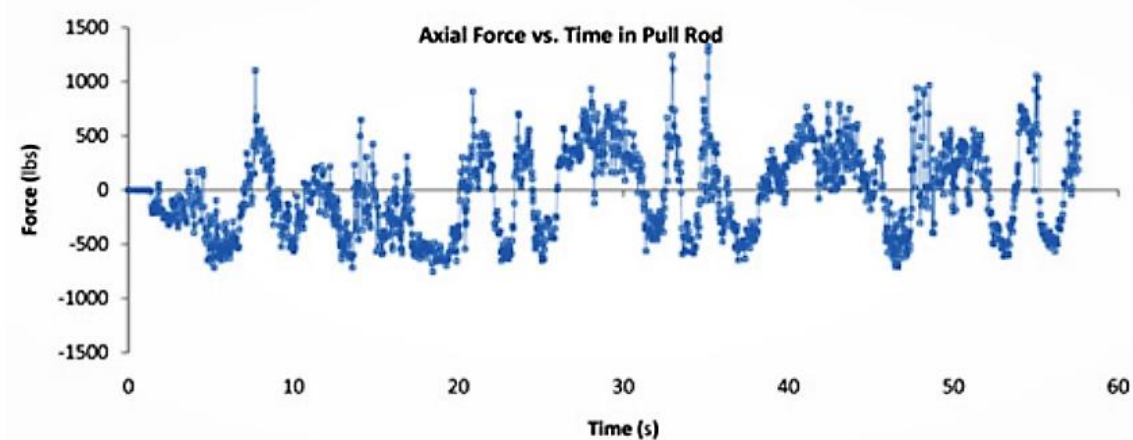
→ Incollaggio:



Relazione ingresso-uscita:

$$\frac{\Delta E_0}{F} = \frac{1}{4} \frac{K E_b}{EA} 2(1 + \nu)$$

→ Grafico ottenibile:

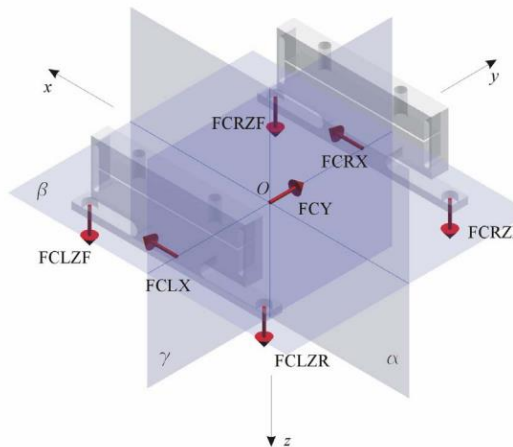
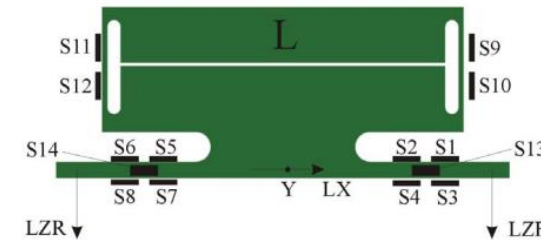
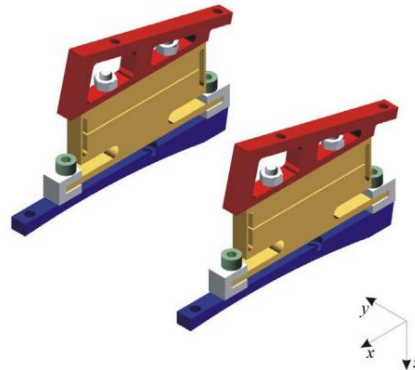
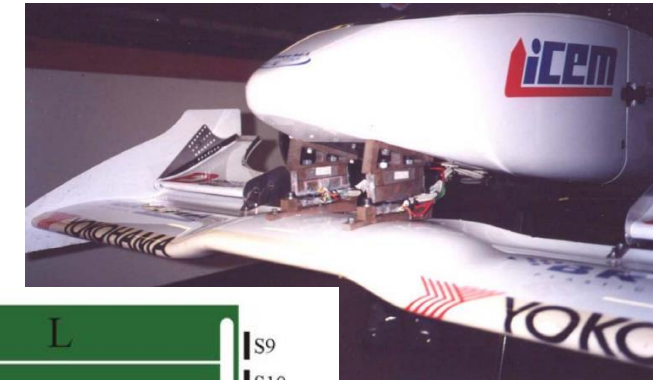


➤ Determinazione del carico aerodinamico presente su un'ala anteriore

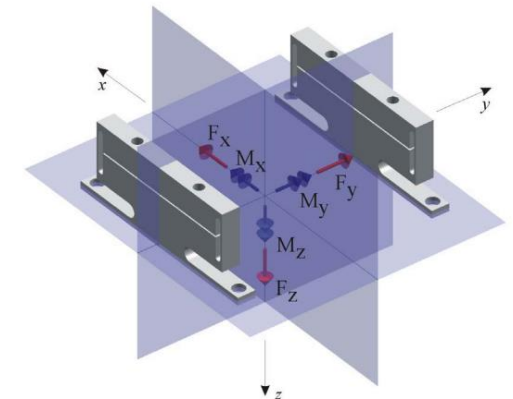
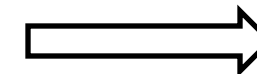
Si vogliono misurare deportanza e resistenza aerodinamica in varie configurazioni

Cella di carico e disposizione estensimetri:

Output cella di carico (real channels, rch):



$$vch = H \cdot rch$$



➤ Tubo di Pitot singolo

Permette di conoscere velocità e pressione dell'aria in un punto privo di turbolenze

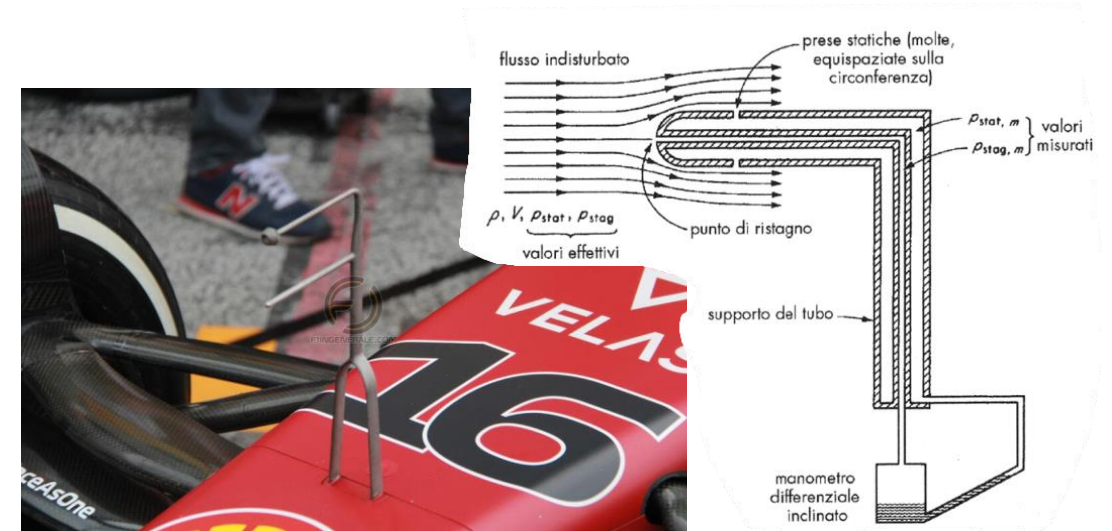
Per la taratura bisogna calcolare in modo preciso la densità dell'aria:

$$\rho = 1,225 \frac{288,15}{T} \frac{p}{101325}$$

➤ Aero rakes

Rendono possibile una correlazione dati tra pista e simulazioni CFD

Caratteristiche tipiche strumentazione:
range da 12,5 a 76 mBar e frequenza di taglio pari a 200 Hz, accuratezza di $\pm 0,25\% FS$



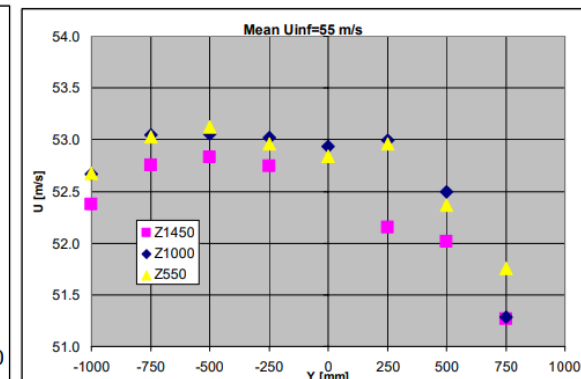
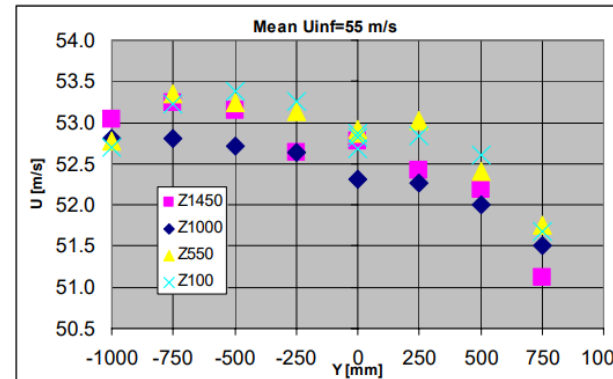
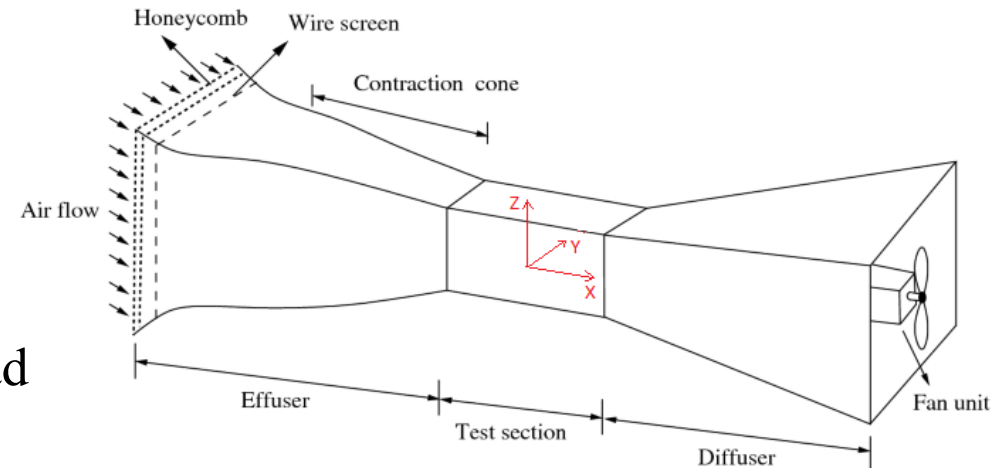
➤ Caratterizzazione del flusso in galleria del vento

Si vuole valutare l'omogeneità del flusso e la presenza di componenti trasversali del vettore velocità in galleria del vento

Il tubo di Pitot è montato sul supporto di movimentazione all'interno della camera di prova (test section)

Il tubo ha diametro di 2mm ed è collegato ad un trasduttore di pressione con accuratezza di 0,073% FS

Grafico che mostra la presenza di una disomogeneità del flusso:



➤ Accelerometers in-ear

- Si vogliono conoscere le decelerazioni provocate dagli incidenti
- Vengono posizionati nel condotto uditivo dei piloti
- Si usano accelerometri piezoelettrici; caratteristiche tipiche: sensibilità di 0,004 pC/g e frequenza di taglio pari a 250 kHz



➤ Accelerometri per la dinamica del veicolo

- Permettono di valutare la tenuta di strada nelle curve veloci e il bilanciamento della vettura
- Vengono posizionati in prossimità del baricentro della monoposto
- Si usano accelerometri piezoresistivi; caratteristiche tipiche: range di $\pm 7,5 g$ e sensibilità di 267 mV/g, frequenza di taglio pari a circa 100 Hz

➤ Monitoraggio porpoising

→ Introduzione, nel 2022, di nuove monoposto ad effetto suolo



Comparsa effetto porpoising



Direttiva tecnica 39: AOM per contenere il porpoising

→
$$AOM = \frac{100}{2 \cdot d_{AOM}} \left[\Delta_t \cdot \sum 9,81 (|g_{VertSDRExtCoG}| - 3) rect_{3g}(g_{VertSDRExtCoG}) rect_{loop}(N_{loop}) \right]^2$$

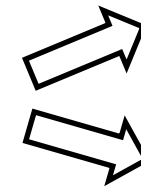
→ Si usano accelerometri piezoresistivi

➤ Piattaforma IMU

→ Permette l'integrazione del sistema GPS con l'INS

→ Utilizza un giroscopio, un accelerometro e un magnetometro realizzati con tecnologia MEMS

→ Dal giroscopio si ottiene la matrice $M = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} & m_{13} \\ m_{21} & m_{22} & m_{23} \\ m_{31} & m_{32} & m_{33} \end{bmatrix}$



$$VL = M \cdot VE$$

Angoli di Eulero:

→ Errore nella determinazione della posizione: la deriva di posizione deve essere stimata con apposite equazioni

$$\theta = \arcsin(-m_{13}) \equiv Pitch$$

$$\phi = \arctan \frac{m_{23}}{m_{33}} \equiv Roll$$

→ Caratteristiche tipiche giroscopi: range di ± 2000 °/s e accuratezza $< 1,5\%$ FS

$$\psi = \arctan \frac{m_{12}}{m_{11}} \equiv Yaw$$

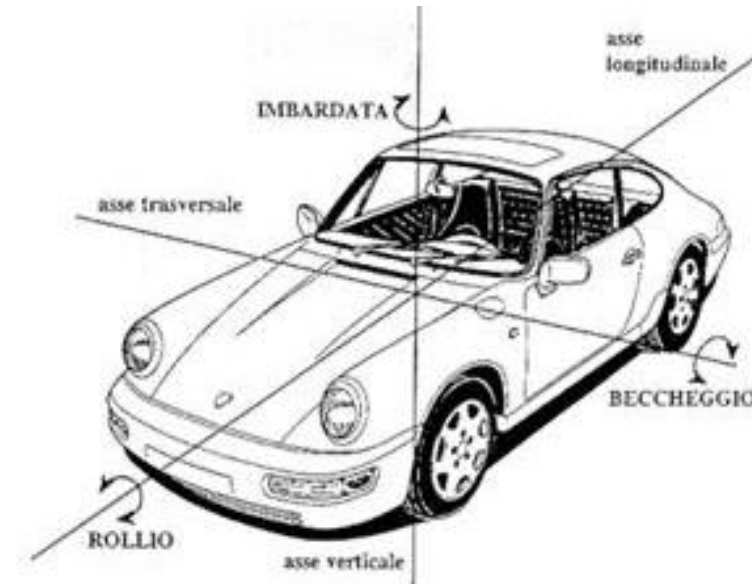
➤ Simulatori di guida

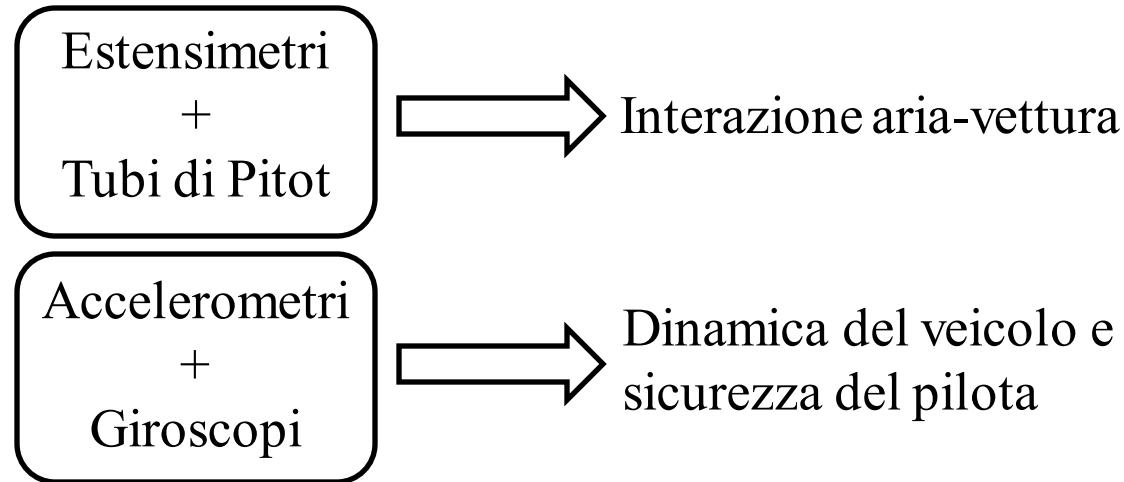
Permettono di riprodurre in maniera verosimile il comportamento della vettura in pista

Giroscopi MEMS per misurare le reazioni sui tre assi di rotazione (rollio, beccheggio, imbardata)

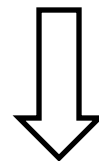


Si può capire se la macchina reale avrà un comportamento sovrasterzante o sottosterzante





Si può notare come i sensori possano soddisfare svariate necessità riguardanti importanti fasi di progettazione, di verifica e di monitoraggio con telemetria



Nello sviluppo delle monoposto i sensori ricoprono un ruolo fondamentale