



SAPIENZA CORSE
FORMULA STUDENT RACING TEAM



La guida autonoma nelle competizioni sportive: l'esperienza del team Sapienza Corse

***Prof. Ing. Giovanni B. Broggiato
Dip. di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale – Univ. di Roma La Sapienza***

26 marzo 2026 – Webinar: «Sistemi di guida assistita per la sicurezza attiva dei veicoli. Gli ADAS.»

PERCHÉ LA GUIDA AUTONOMA NELLE **COMPETIZIONI SPORTIVE?**

1. È un incentivo per la **ricerca industriale**?

Sì. *Con particolari ricadute nella **sicurezza stradale** e non solo.*

2. È un incentivo per la **ricerca/didattica universitaria**?

Sì. *Le tecnologie per la guida autonoma non sono ancora mature.*

Sì. *È importante formare ingegneri per questo settore.*

3. È vero **motorsport**?

Sì, *forse...*

4. È una forma di **spettacolo** o di **intrattenimento**?

No, *ma...*

PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE

A GUIDA AUTONOMA:

1. DARPA (*Defense Advanced Research Projects Agency*)

Grand Challenge (2004)

Grand Challenge (2005)

Urban Challenge (2007)



PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:

2. **ROBORACE** (2016 – 2022)



ROBORACE



ROBORACE



ROBORACE



SEASON
ALPHA



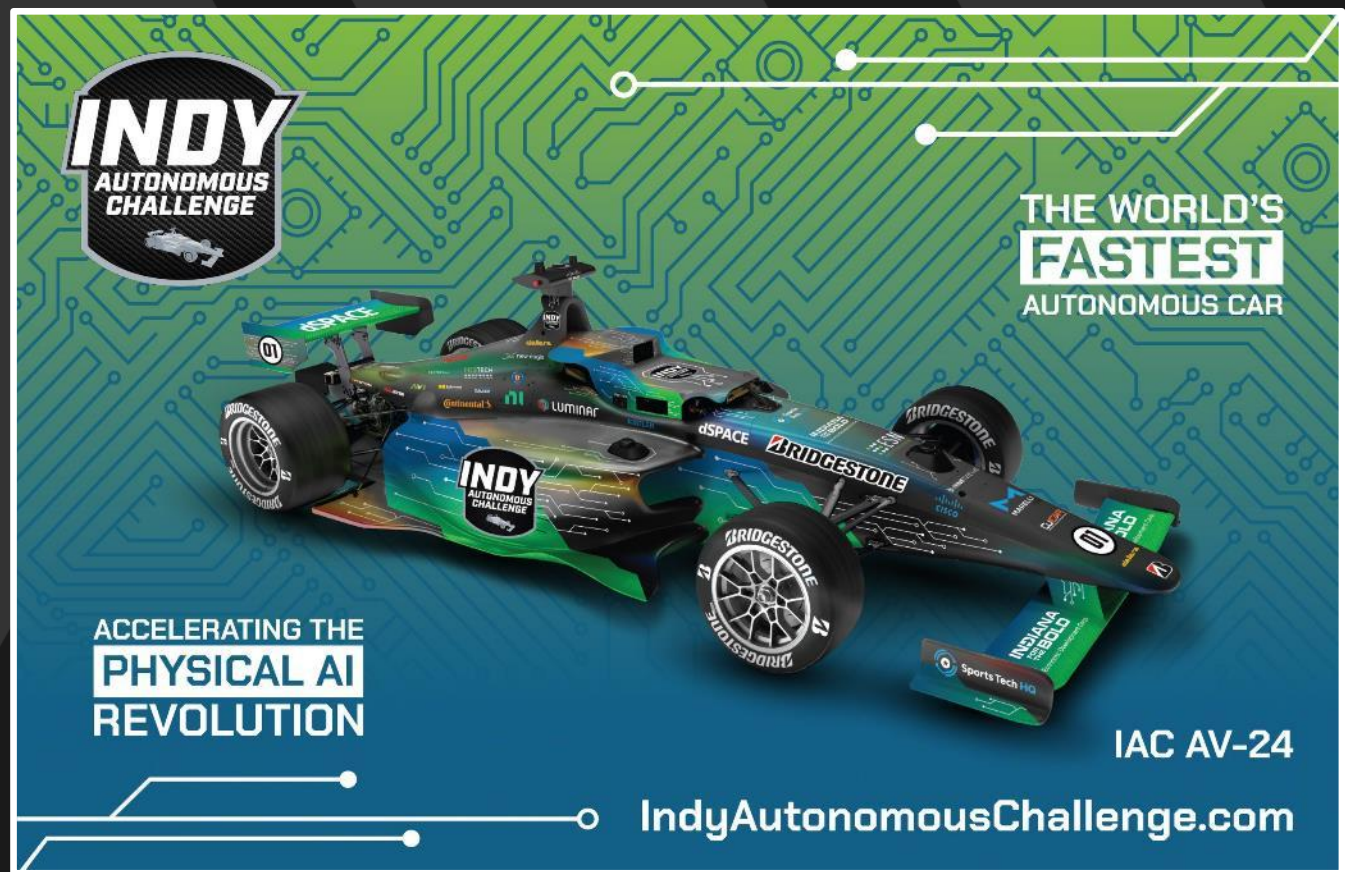
**AUTONOMOUS
RACING BEGINS HERE!**



LINK: <https://youtu.be/LBd5FZqhUVk>

PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:

3. **Indy Autonomous Challenge** (2022 – ...)



PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:

3. **Indy Autonomous Challenge** (2022 – ...)

Goals:

- *A primary goal of the IAC is to **advance technology** that can speed the commercialization of fully autonomous vehicles and **deployments of ADAS** advanced driver-assistance systems).*
- *These enhancements will lead to **increased safety** and **performance** in all modes of motorsports and commercial transportation.*
- *In addition, the competition is **a platform for students** to excel in Science, Technology, Engineering and Math (**STEM**).*



PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:

3. Indy Autonomous Challenge (2022 – ...)

LIDAR (4)

- » Luminar Iris
- » Maximum range: 275m
- » Range precision: <2cm
- » FoV: Horizontal 120° | Vertical 26°
- » Scan rate: 30 fps

RADAR (2)

- » Continental ARS 548 RDI
- » Maximum Range: 300m-1500m
- » FoV: 120°

Camera (6)

- » Allied Vision Mako G-319C / Edmund Optics Lenses
- » Max resolution: 2064 (H) × 1544 (V)
- » Spectral range: 300-1100 nm
- » Max frame rate @ full res: 37.6 fps

GNSS / INS System

- » VectorNav VN-310
- » Position Accuracy: 1 cm + 1 ppm RMS
- » Heading Accuracy: 0.1 deg
- » Position Data Rate: 400 HZ
- » IMU Data Rate: 800 Hz
- » Calian GPS Antennas (4)

Networking / Communication

- » Cisco IE-3300
- » Ports: 2x 10G
- » Switching bandwidth: 128 Gbps
- » Marelli SA130 Telemetry System
- » AVI LTE 9111 Modem
- » Verizon 4G Cellular Network

Onboard Edge Computing

- » dSPACE AUTERA AutoBox
- » CPU: Intel Xeon D-2166NT
3.00 GHz (12C, 24T)
- » GPU: Nvidia A5000
- » Storage: 14 TB

Drive-by-Wire

- » New Eagle Raptor / MathWorks
- » IAC Custom Steer-by-Wire
- » IAC Custom Brake-by-Wire
- » MoTeC ECU
- » Indy Wiring Harnesses

Engine

- » 4 Piston Racing built Honda K20C
- » Turbocharged inline 4 cylinder
- » Displacement: 2.0 liters
- » Max power: 488 hp @ 6500 RPM
- » Max torque: 382 ft-lbs @ 6100 RPM

Transmission

- » ZF anti-stall centrifugal clutch
- » Ricardo 5003mm, 5-speed sequential

Chassis

- » Manufacturer: Dallara
- » Overall length: 192 in / 4876 mm
- » Overall width: 76 in / 1930 mm
- » Overall height: 45.5 in / 1156.5 mm
- » Wheelbase: 117 in / 2971 mm
- » Curb weight: 1680 lbs / 748.43 kg

Tires

- » Bridgestone Racing Slicks
- » Oval and Roadcourse



PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:



3. Indy Autonomous Challenge (2022 – ...)



Contatto:
sergio.savaresi@polimi.it

PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:



3. Indy Autonomous Challenge (2022 – ...)



UNIMORE
RACING

Contatto:
marko.bertogna@unimore.it



LINK: <https://youtu.be/ajLiV1k-Tbo?t=85>

UNIMORE
RACING



LINK: <https://youtu.be/in3jJiLSWvw>

PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:

4. Abu Dhabi Autonomous Racing League (2024 – ...)



A2RL
Abu Dhabi Autonomous Racing League

PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:

4. Abu Dhabi Autonomous Racing League (2024 – ...)

Vehicle /Sensors Specification

- **Chassis:** Dallara EAV24 (modified Dallara SF23)
- **Engine:** 4 Piston Racing K20C1 (based on Honda 2.0l; turbocharged 4-cylinder engine)
- **LiDAR Systems (3 units):** Innovusion Falcon Kinetic FK1 (or Seyond Falcon Kinetic FK1)
- **Camera System (7 units):** Sony IMX728 camera sensors.
- **RADAR Sensors (4 units):** ZF ProWave (or AF ProWave) sensors.
- **GNSS/GPS & 5G Antennas.**
- **IMU (Inertial Measurement Unit).**
- **Computing Unit:** Neousys RGS-8805GC.

PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:



TUM – Monaco



KINETIZ – Emirati Arabi



POLIMOVE – Milano



UNIMORE – Modena



TII RACING – Emirati Arabi



A2RL

Abu Dhabi Autonomous Racing League



**RACE TO
INNOVATE**



WATCH IT HERE

[1]LINK: <https://youtu.be/d9LLZ5mb5cA?t=1414>

Partenza lanciata

[2]LINK: <https://youtu.be/d9LLZ5mb5cA?t=1515>

Sorpasso

[3]LINK: <https://youtu.be/d9LLZ5mb5cA?t=2062>

Epilogo

 YouTube

PRINCIPALI COMPETIZIONI PER VETTURE A GUIDA AUTONOMA:

5. Formula Student **DRIVERLESS CLASS** (2017 – ...)



CHE COS'È LA **FORMULA STUDENT**?

It is an International Design Competition that challenges teams of university students to **conceive, design, built, develop** and **compete** with small, formula style, race cars.

(From the Formula Student Rules)

“Anyone who can create **fascinating solutions** from **limited resources** has the potential to do **great things**”

(R. Neumayer, H. Siggemann)



LA FORMULA STUDENT DAL 1981 AD OGGI

1981

La SAE (Society of Automotive Engineers) organizza il primo evento con il nome di "Formula SAE" tenutasi ad Austin (Texas) con 6 squadre e 40 studenti



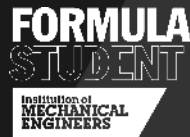
2006

Prima gara «Formula Student Germany» con 40 partecipanti provenienti da 11 nazioni



2017

Nasce la categoria «Driverless»



1998

Viene organizzato il primo evento Europeo in Inghilterra: "Formula Student"

2011

Nasce la categoria «Electric»



HY

2022

Nasce la categoria «Hybrid»

LA FORMULA STUDENT DAL 1981 AD **OGGI**

Ad oggi ci sono **22 eventi** ufficiali nei cinque continenti di cui **6** per la classe **Driverless**.

Il format organizzativo delle gare si è consolidato attorno ai regolamenti (molto simili) «**SAE**» e «**Formula Student**»



Sono attivi **1096 team** nel mondo, di cui **554** in Europa, **30** in Italia



Livello tecnico **elevatissimo**





SAPIENZA CORSE

FORMULA STUDENT RACING TEAM



Sapienza Corse nasce nel **2008**, da allora progetta e costruisce monoposto da competizione secondo il regolamento di **Formula SAE** e **Formula Student** nelle classi Combustion, Hybrid e Driverless.



COME FUNZIONANO GLI **EVENTI**?



TECH INSPECTION



PROVE STATICHE



PROVE DINAMICHE

PROVE **STATICHE:**

**ENGINEERING
DESIGN**

**BUSINESS PLAN
PRESENTATION**

**COST &
MANUFACTURING**

PROVE **DINAMICHE:**

**ACCELERATION
EVENT**

**SKIDPAD
EVENT**

**AUTOCROSS
EVENT**

**ENDURANCE/
TRACKDRIVE**



SAPIENZA CORSE
FORMULA STUDENT RACING TEAM



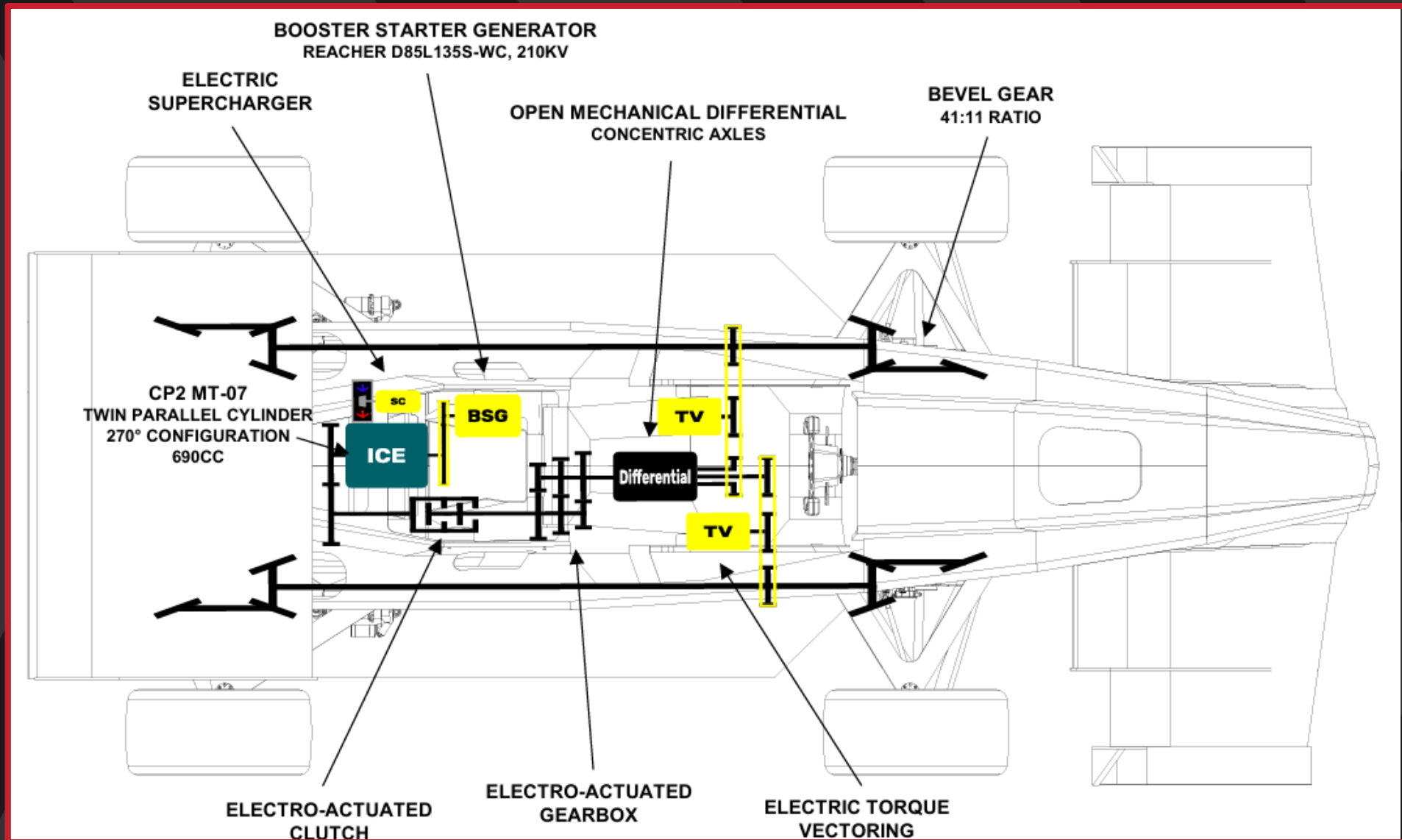
YouTube

LINK: https://youtu.be/oMwmlJ_WPA4

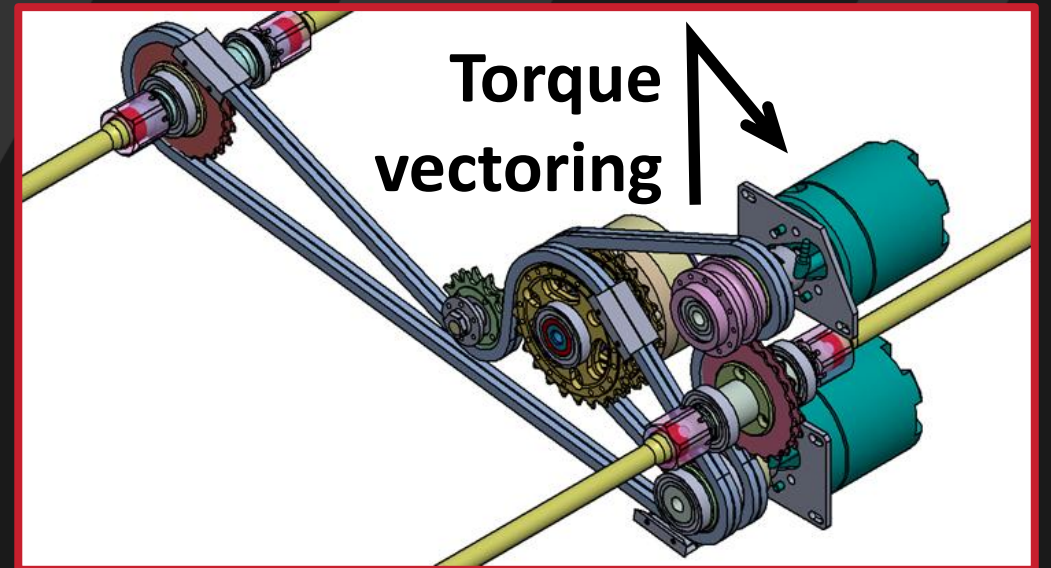
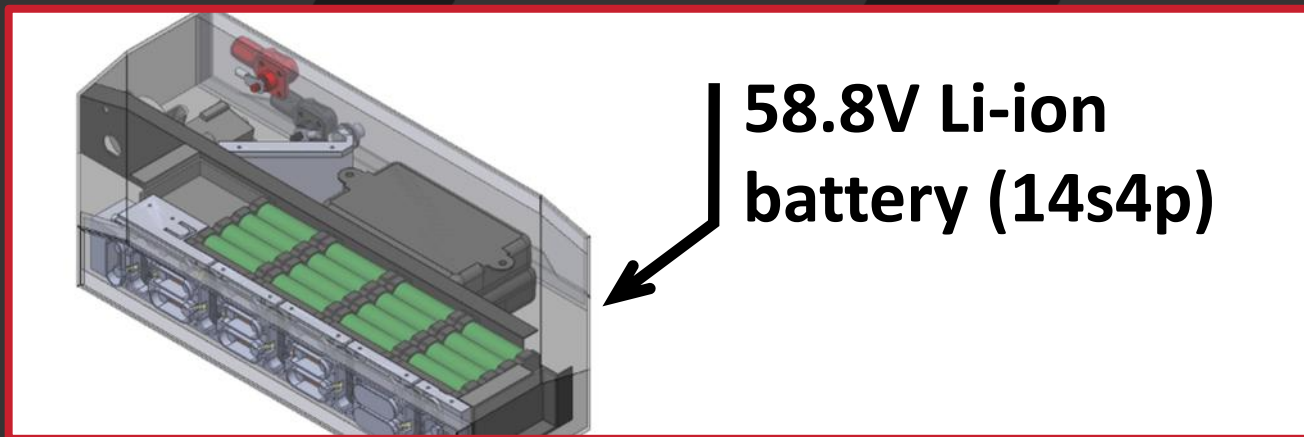
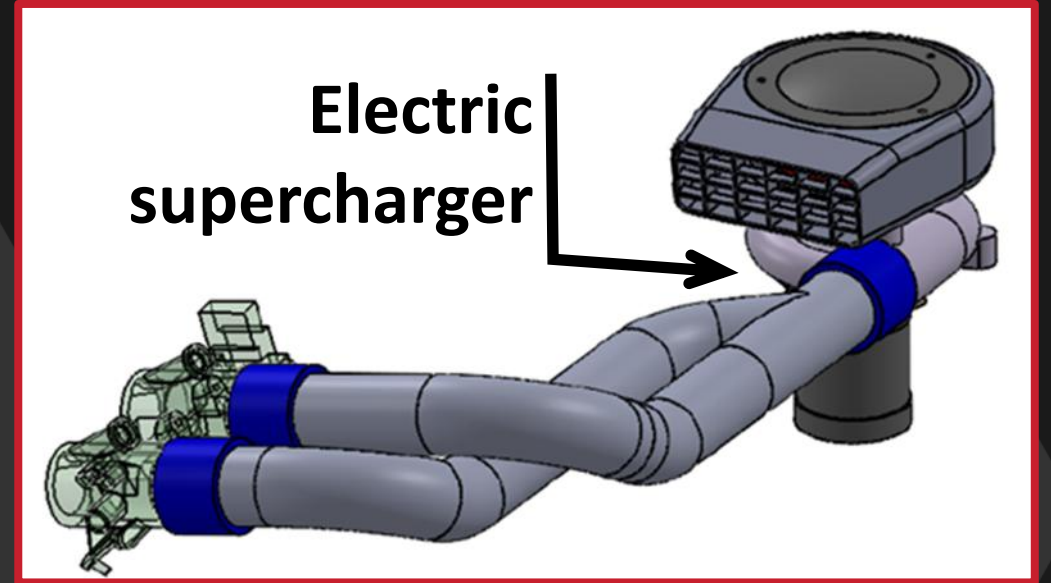
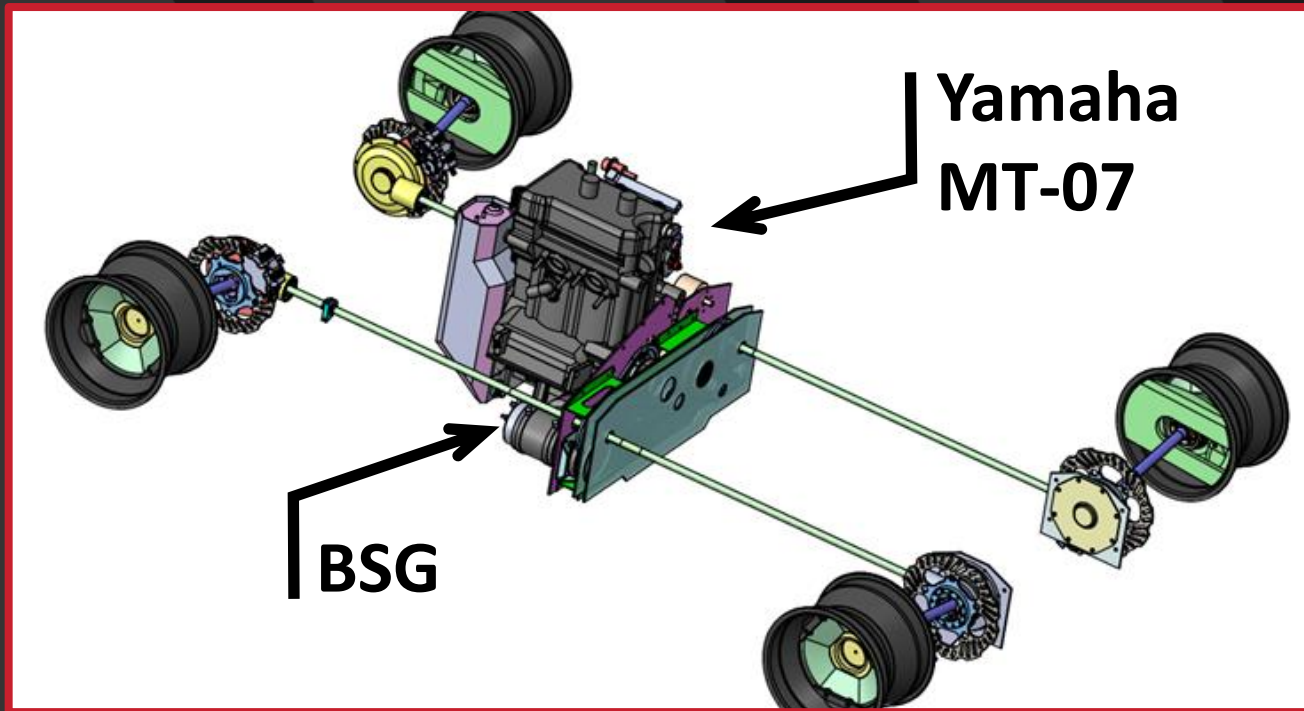
GAJARDA AWD – HYBRID – DV



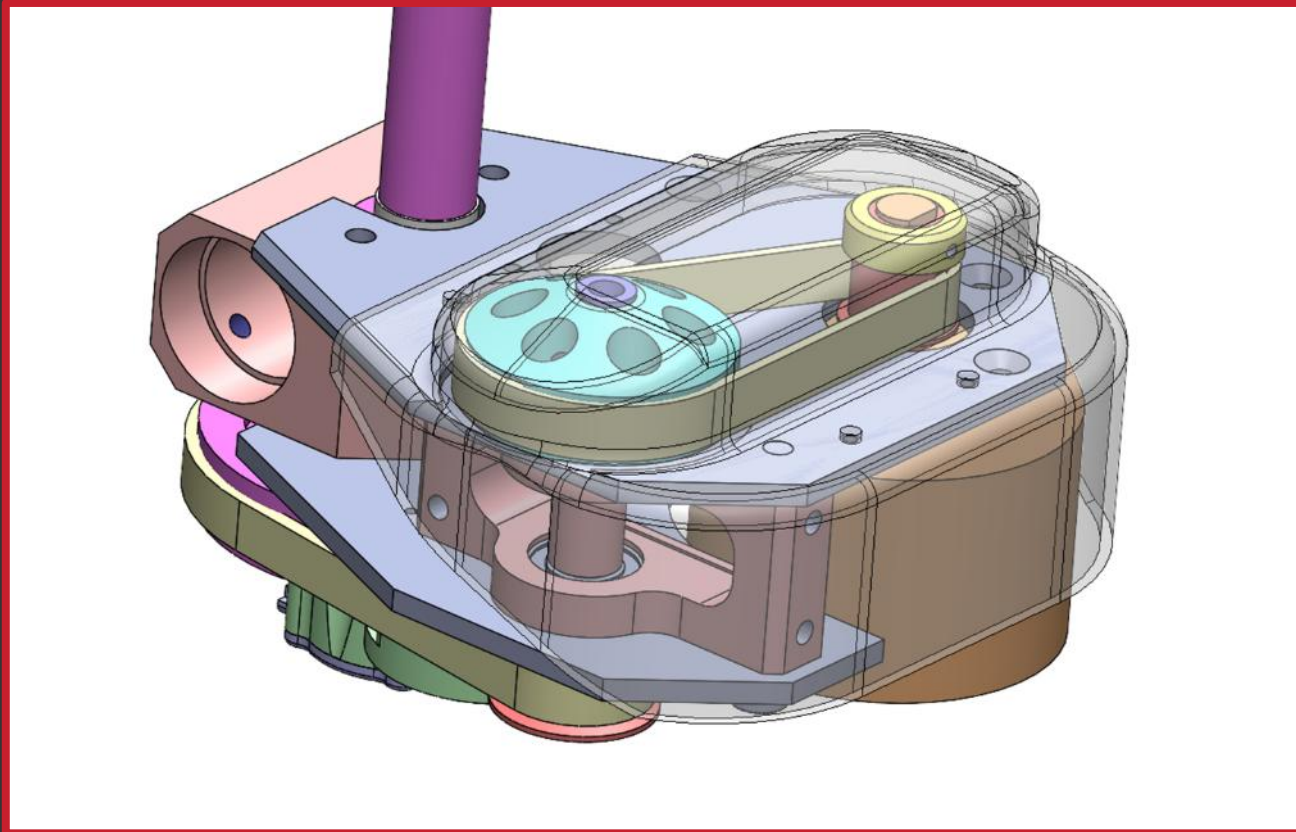
GAJARDA AWD – HYBRID – DV



GAJARDA **AWD** – **HYBRID** – **DV**

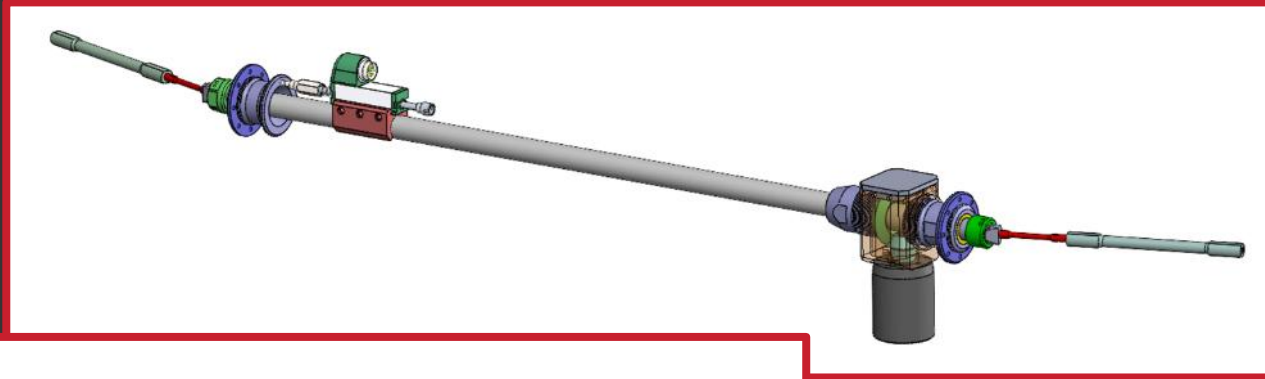


GAJARDA: il sistema autonomo

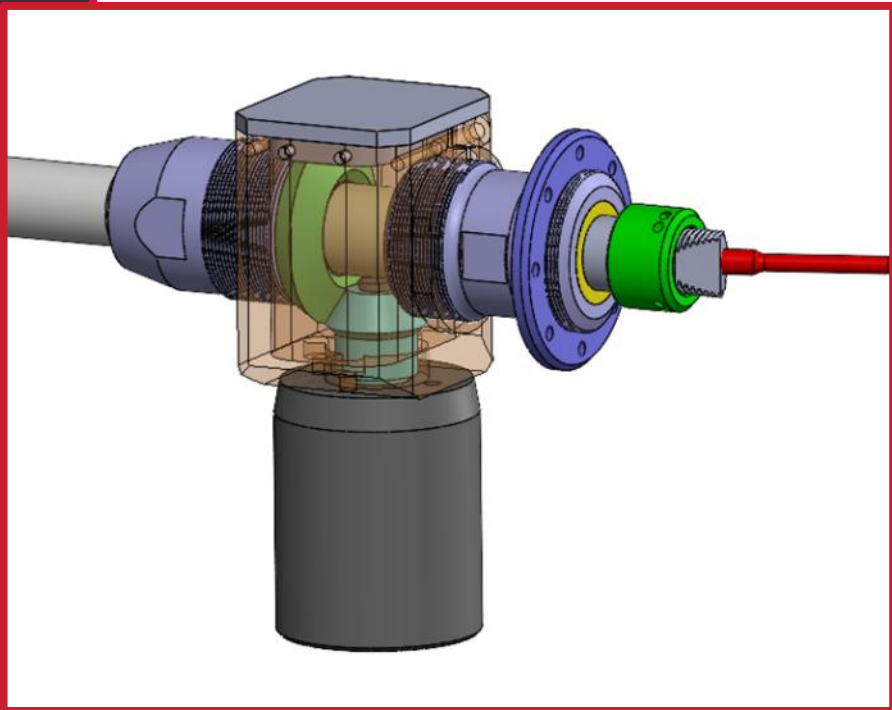


1. Attuatore dello sterzo anteriore

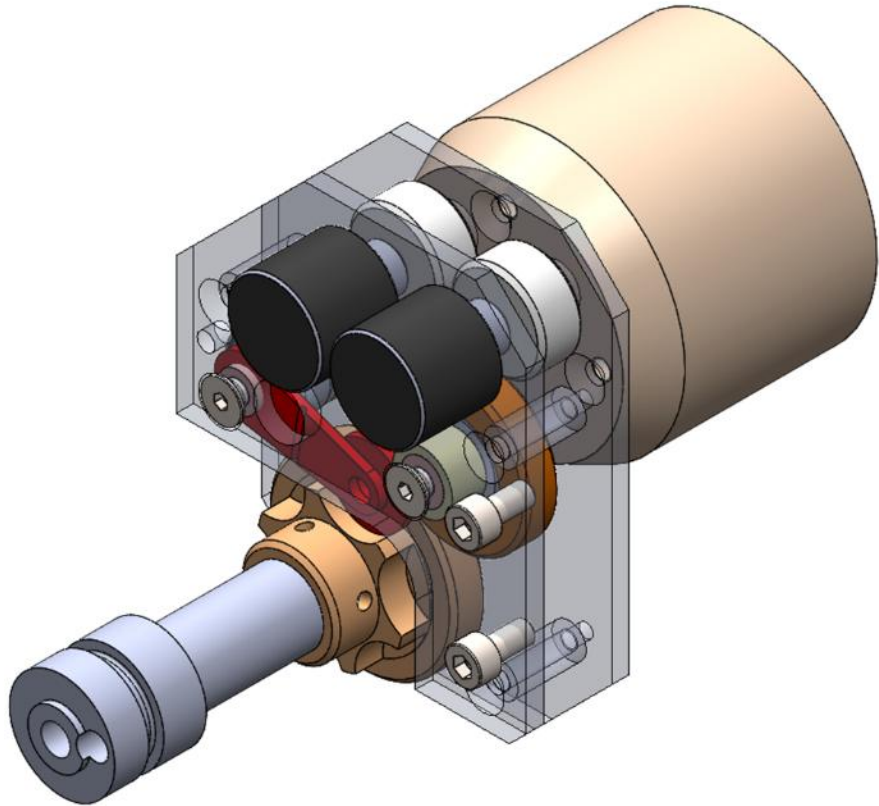
GAJARDA: il sistema autonomo



1. Attuatore dello **sterzo anteriore**
2. Attuatore dello **sterzo posteriore**

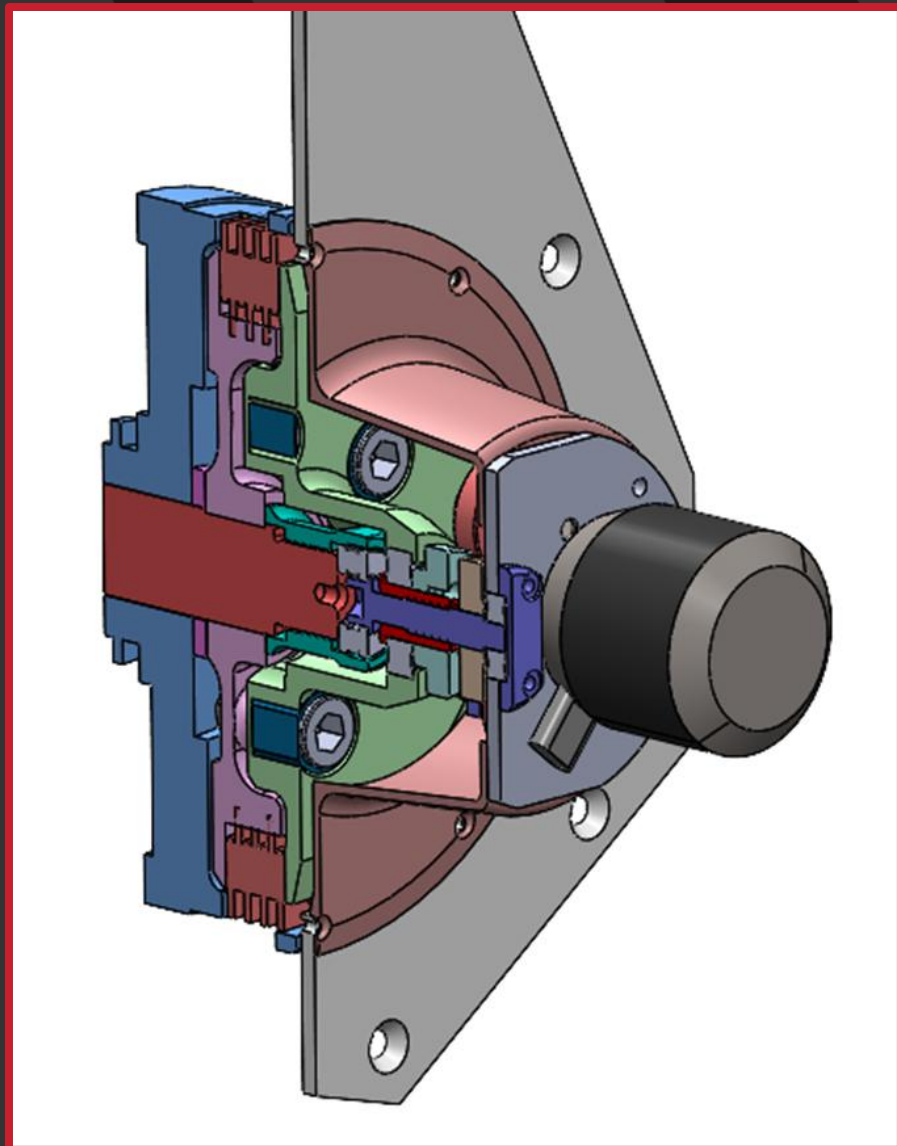


GAJARDA: il sistema autonomo



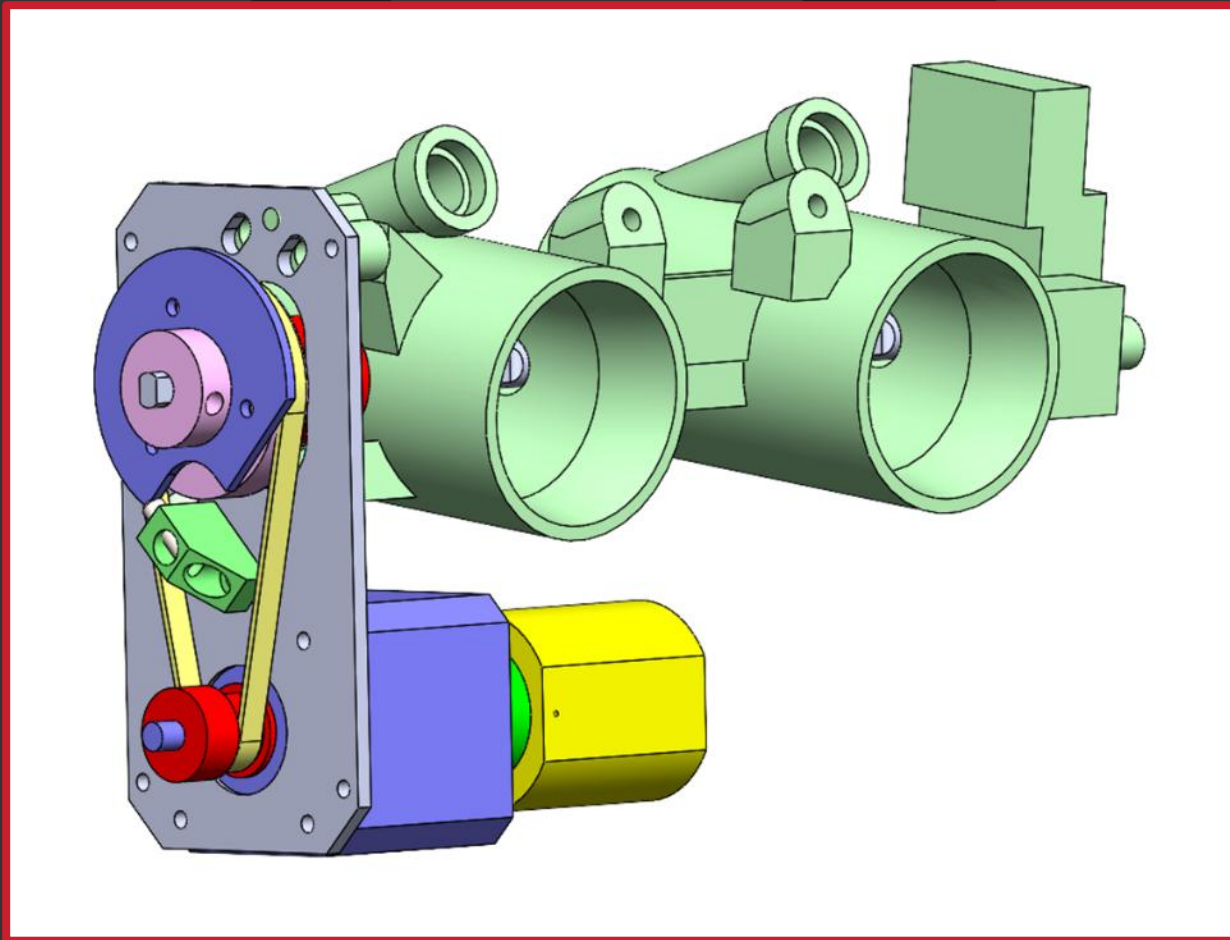
1. Attuatore dello sterzo anteriore
2. Attuatore dello sterzo posteriore
3. Attuatore cambio sequenziale

GAJARDA: il sistema autonomo



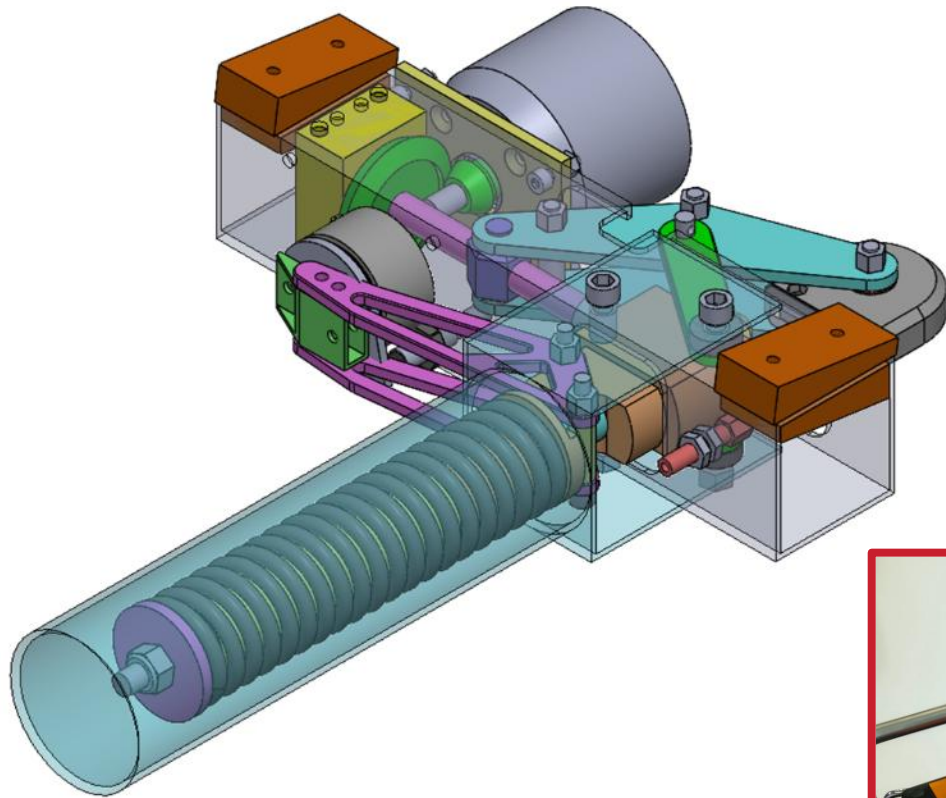
1. Attuatore dello sterzo anteriore
2. Attuatore dello sterzo posteriore
3. Attuatore cambio sequenziale
4. Attuatore frizione

GAJARDA: **il sistema autonomo**



1. Attuatore dello **sterzo anteriore**
2. Attuatore dello **sterzo posteriore**
3. Attuatore **cambio sequenziale**
4. Attuatore **frizione**
5. Attuatore **farfalla elettronica**

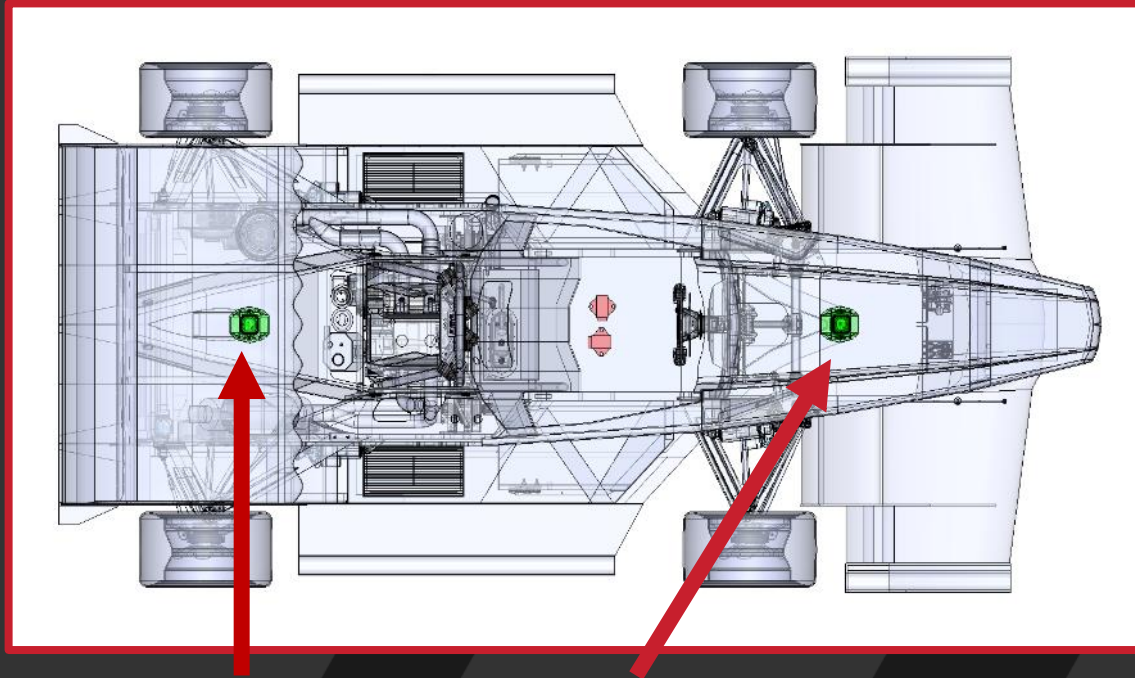
GAJARDA: il sistema autonomo



1. Attuatore dello sterzo anteriore
2. Attuatore dello sterzo posteriore
3. Attuatore cambio sequenziale
4. Attuatore frizione
5. Attuatore farfalla elettronica
6. Attuatore freno e freno di emergenza



GAJARDA: il sistema autonomo

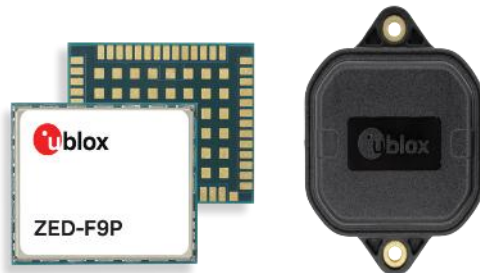


1. Sensore di posizione:
GPS differenziale (solo in prova)

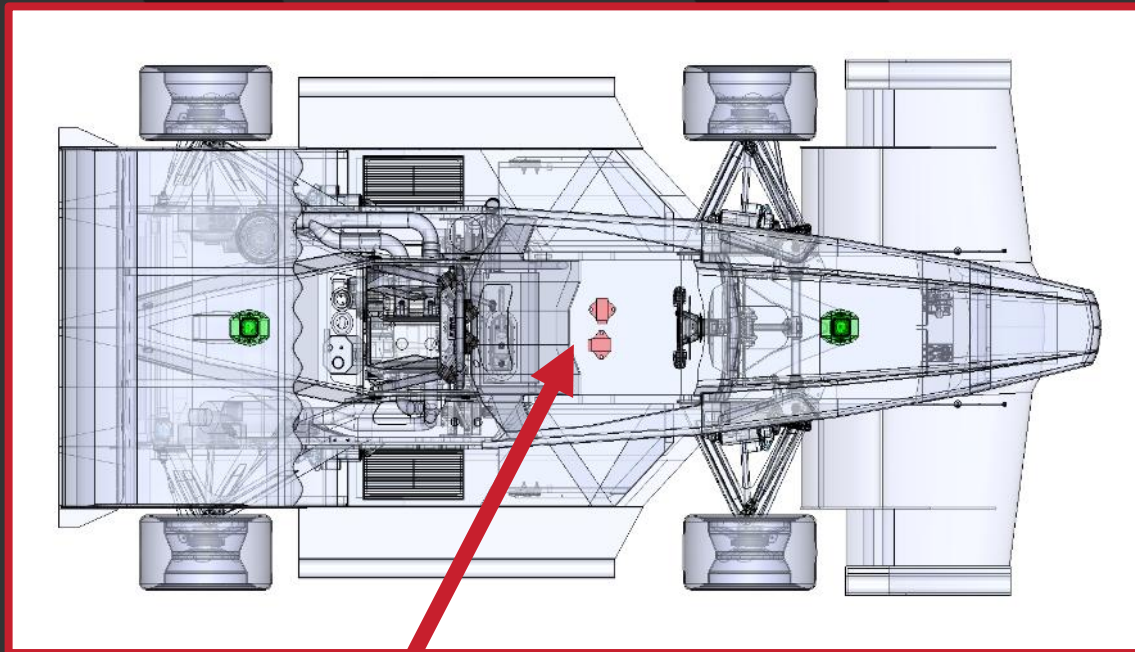
Differential GPS

ZED F9P

- Longitude
- Latitude
- Heading
- Speed



GAJARDA: il sistema autonomo



1. Sensore di posizione: **GPS differenziale** (solo in prova)
2. Sensori inerziali: **2xIMU**

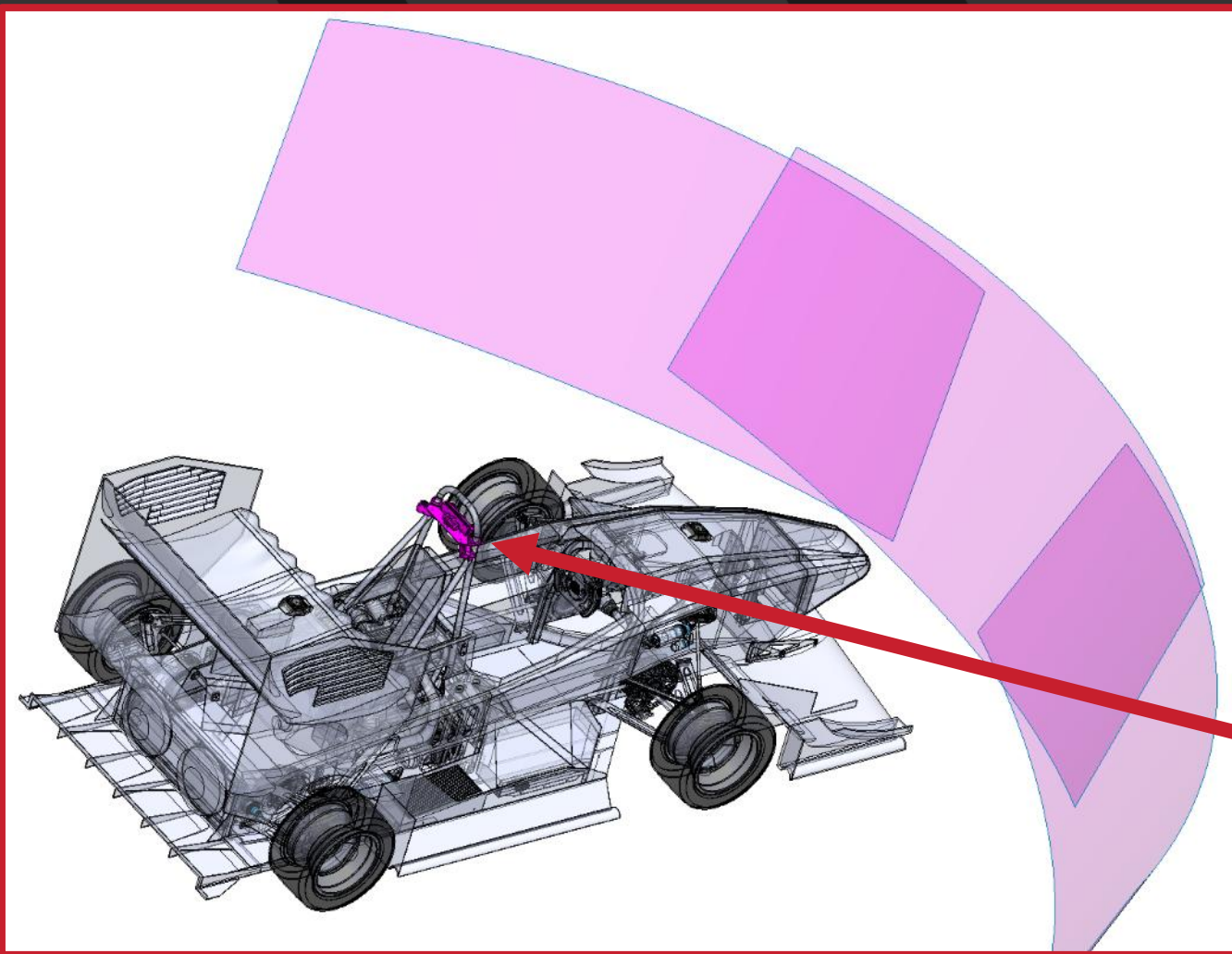
IMU (Inertial Sensor)

BOSCH 0 265 005 000

- Longitudinal acceleration
- Lateral acceleration
- Yaw rate
- Yaw acceleration



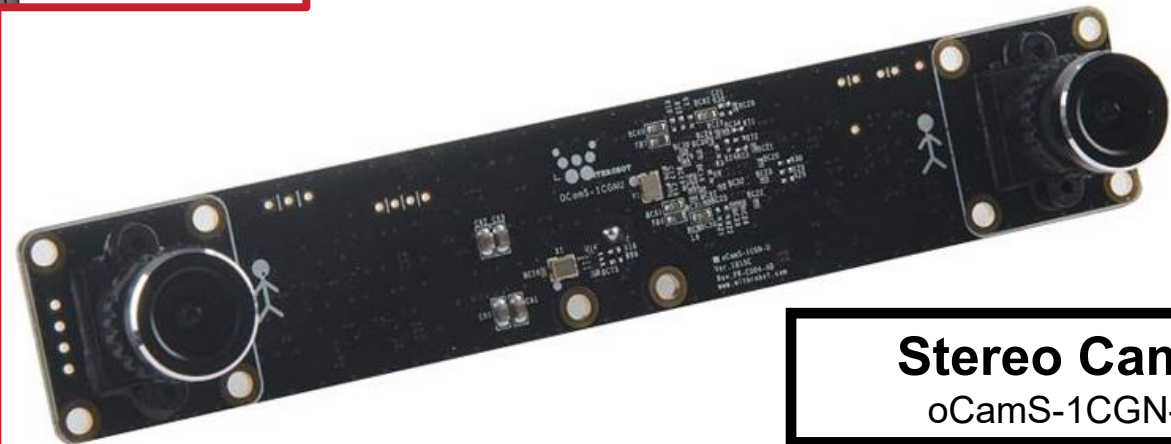
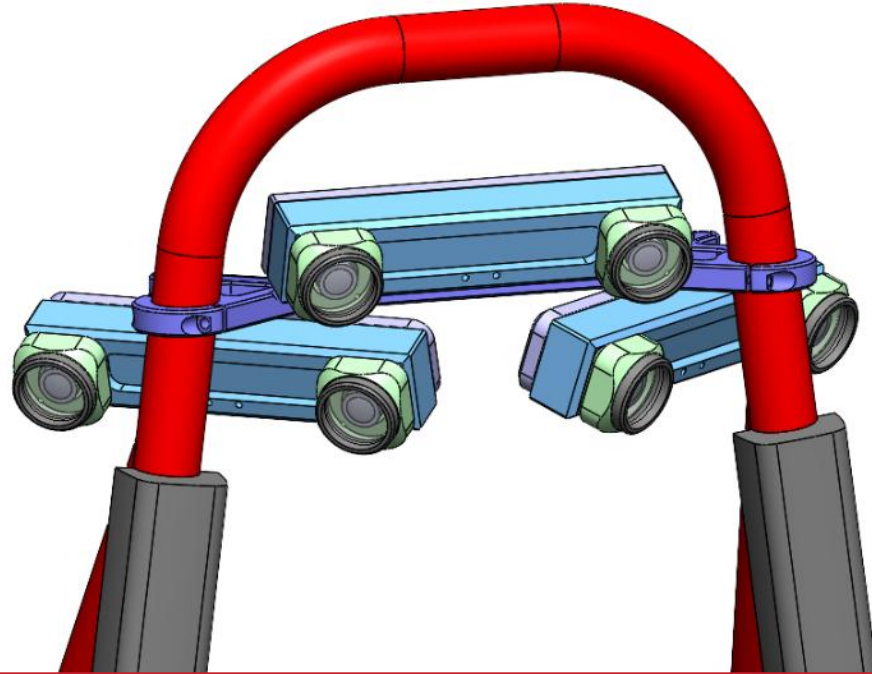
GAJARDA: il sistema autonomo



1. Sensore di posizione: **GPS differenziale** (solo in prova)
2. Sensori inerziali: **IMU**
3. Sensore ottico: **3x stereocamere**

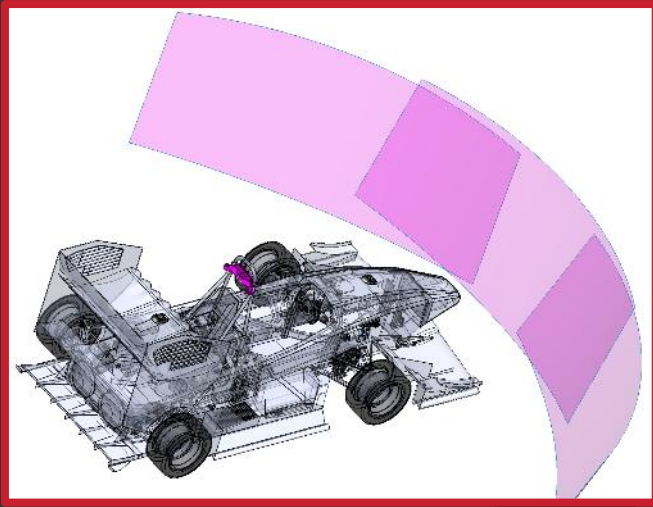
Stereo Cameras
3x oCamS-1CGN-U-F
Total View Angle: 127,5°

GAJARDA: il sistema autonomo

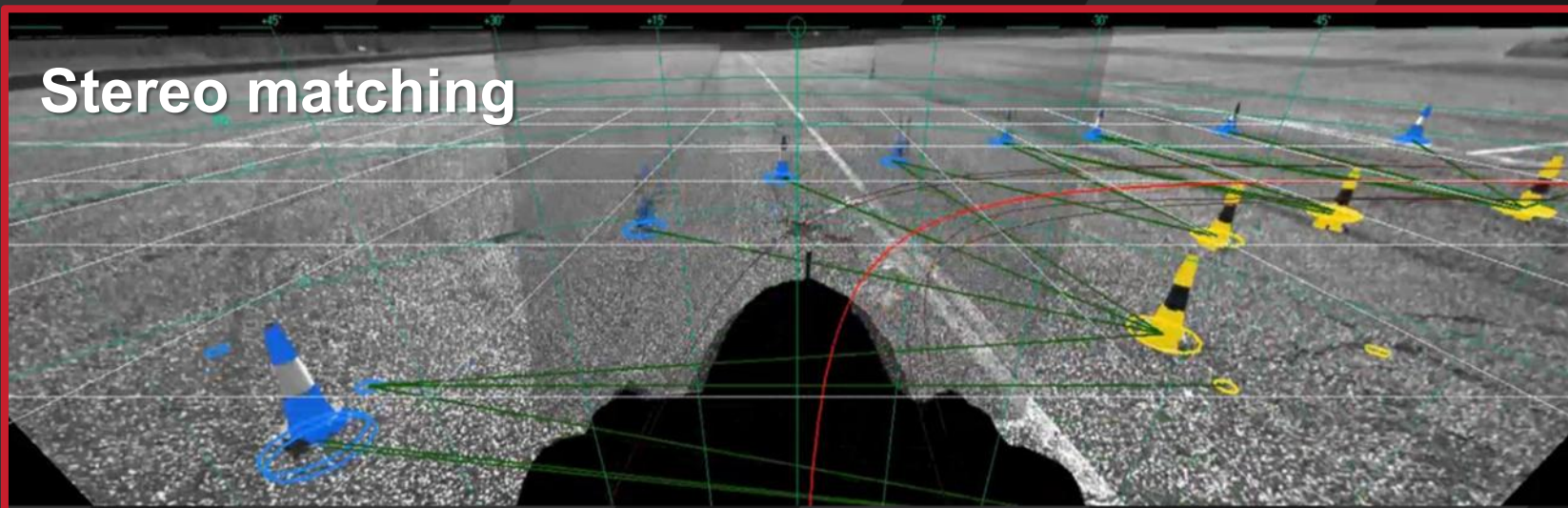
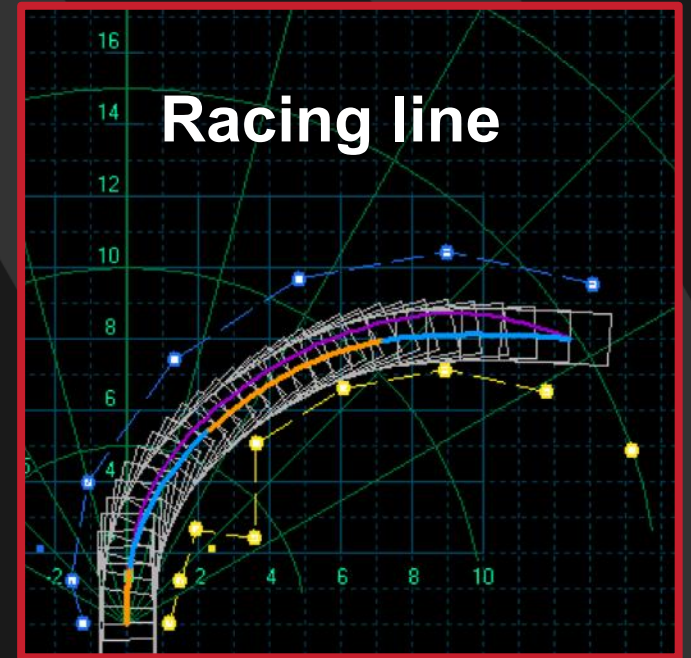


Stereo Camera
oCamS-1CGN-U-F

GAJARDA: il sistema autonomo



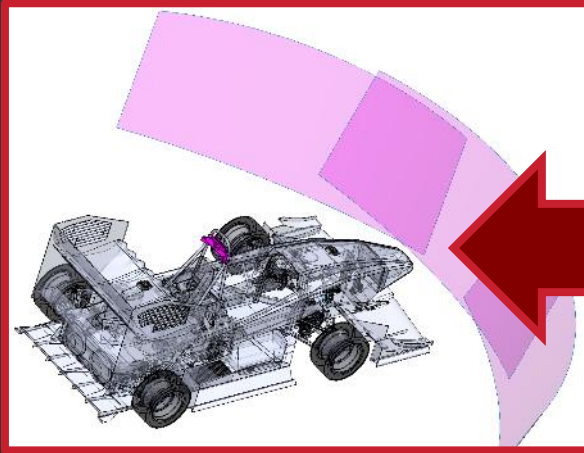
Grabbing (60 fps)



Stereo matching

Actuator setpoints

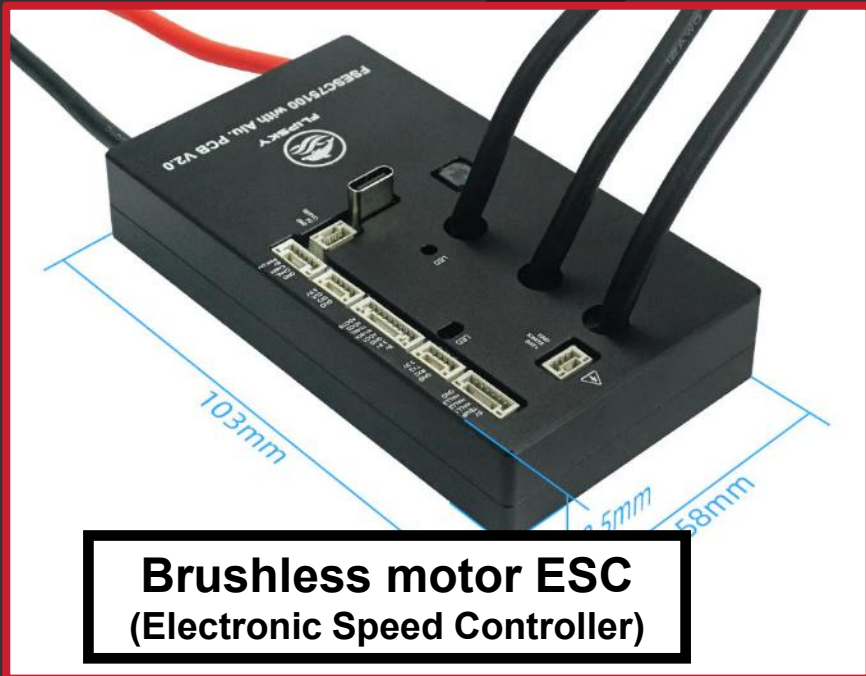
GAJARDA: il sistema autonomo



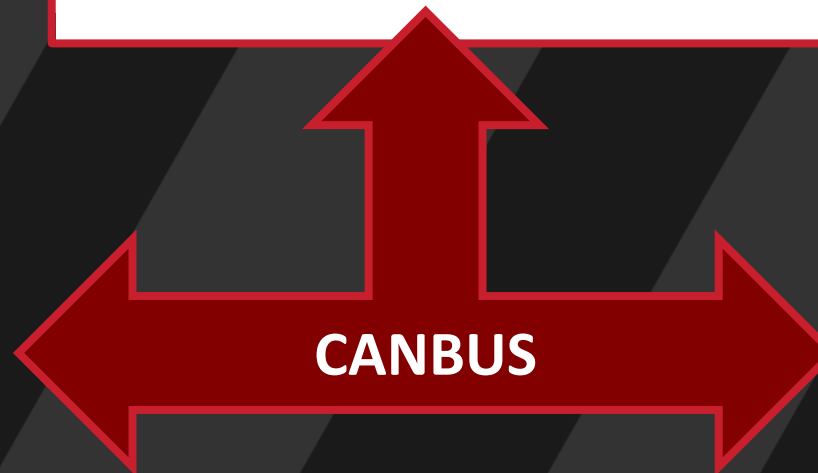
USB 3.1



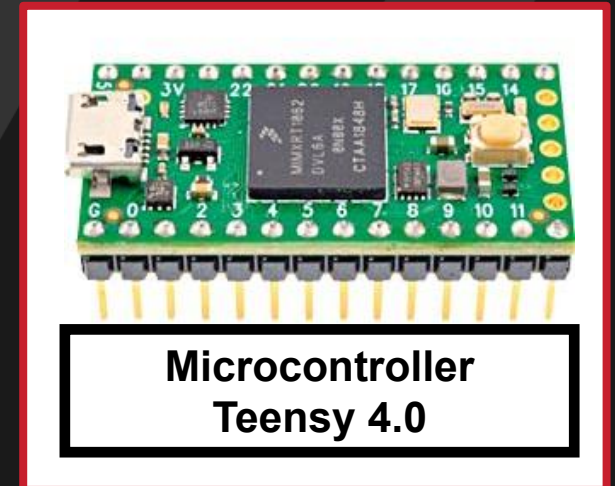
PC: Asus NUC i7



Brushless motor ESC
(Electronic Speed Controller)



CANBUS

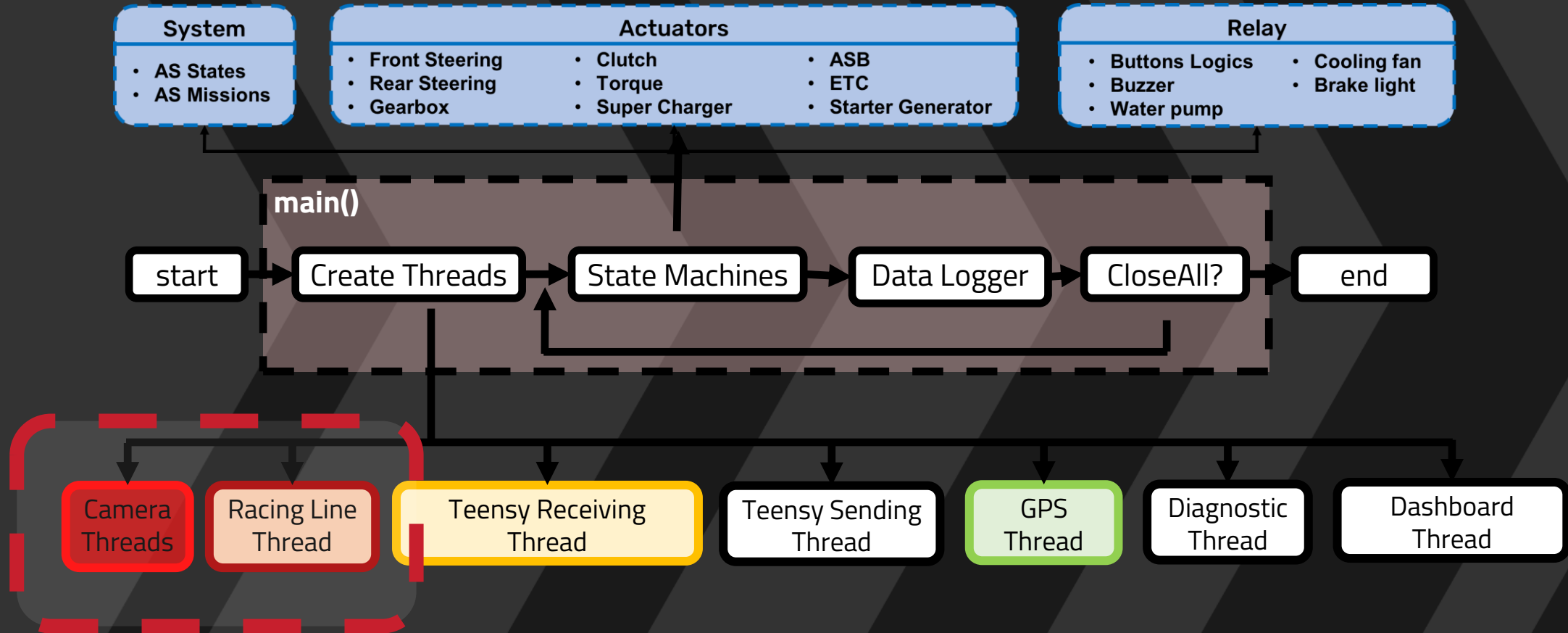


Microcontroller
Teensy 4.0

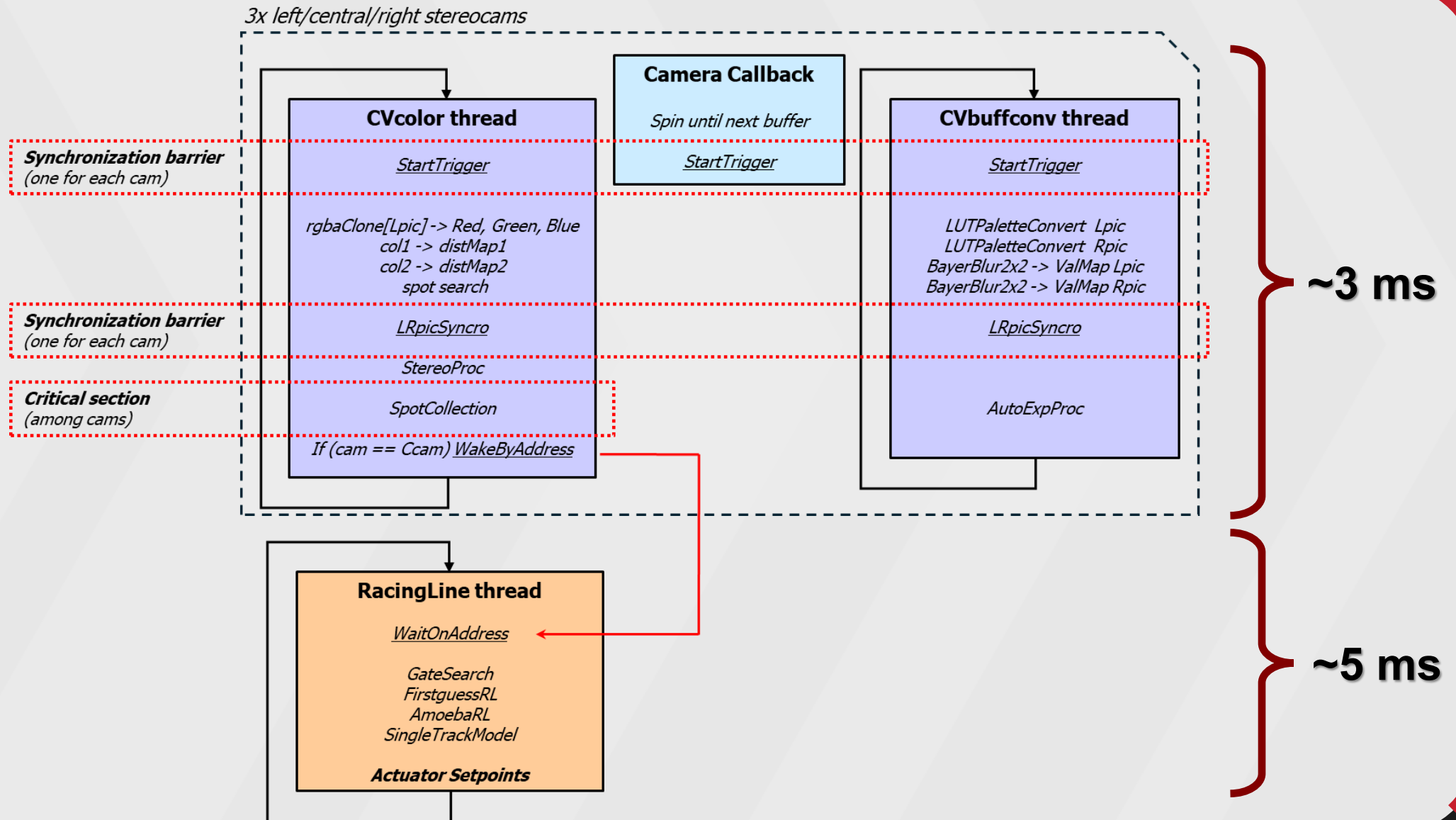
GAJARDA: driving logic



GAJARDA: architettura del software



GAJARDA: architettura del software



GAJARDA: calcolo della traiettoria

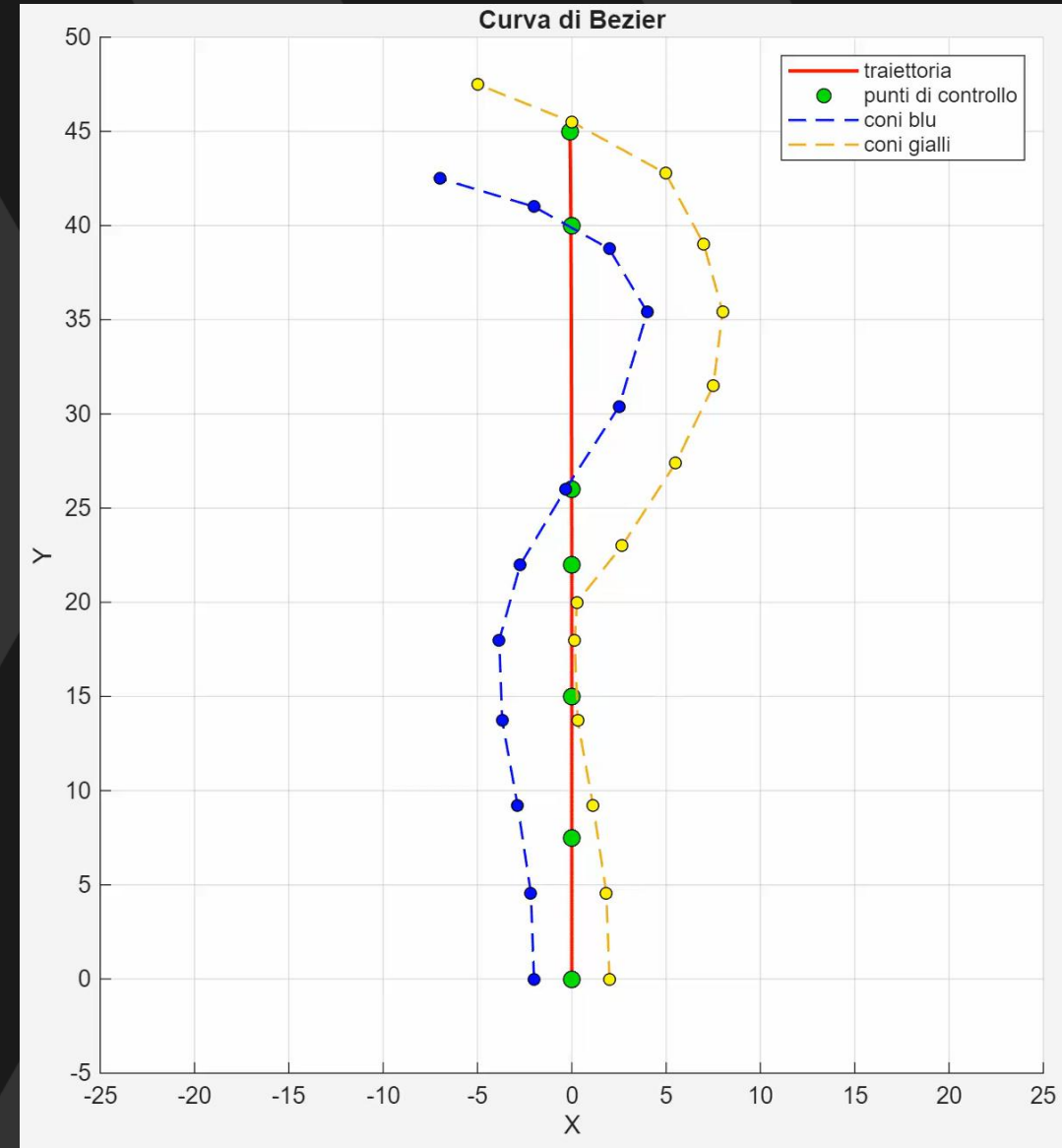
La traiettoria è creata con una **curva di Bezier**:

$$(x) = [B_x](c_x) \quad \text{dim: } [N_{samples} \times 1]$$

$$(z) = [B_z](c_z)$$

$[B_x]$, $[B_z]$: matrici dei coefficienti di Bernstein
dim: $[N_{samples} \times N_{pc}]$

(c_x) , (c_z) : coordinate dei punti di controllo,
sono le **variabili**
dim: $[N_{pc} \times 1]$



GAJARDA: calcolo della traiettoria

La traiettoria ideale è la curva che può essere percorsa nel **minore tempo possibile**.

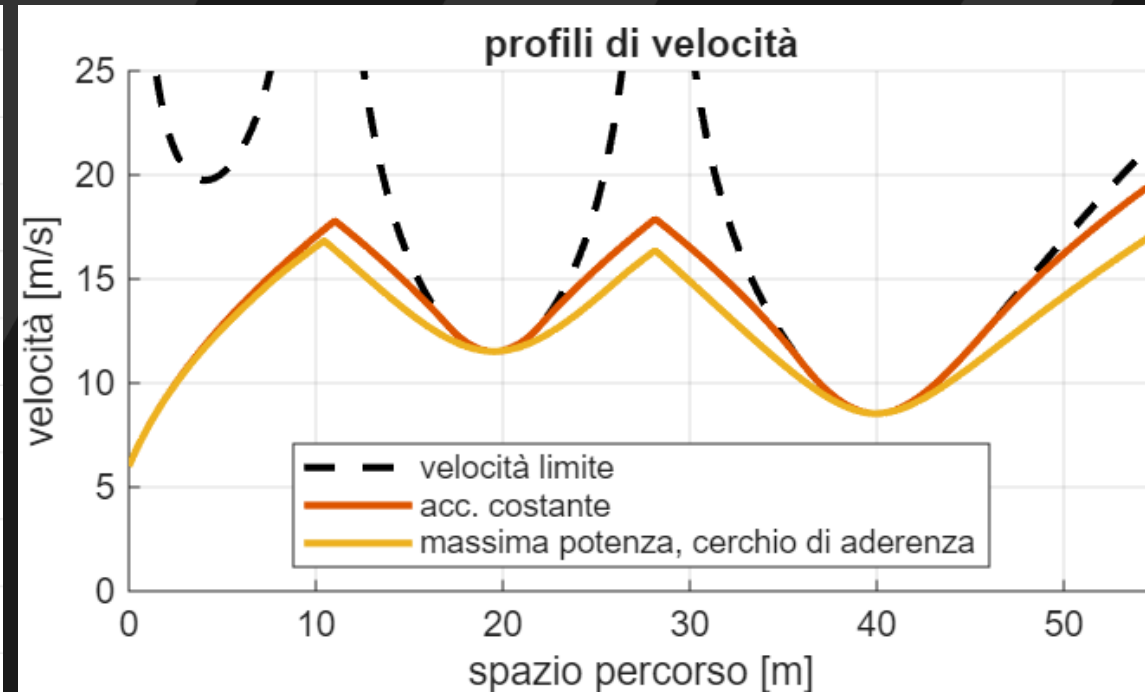
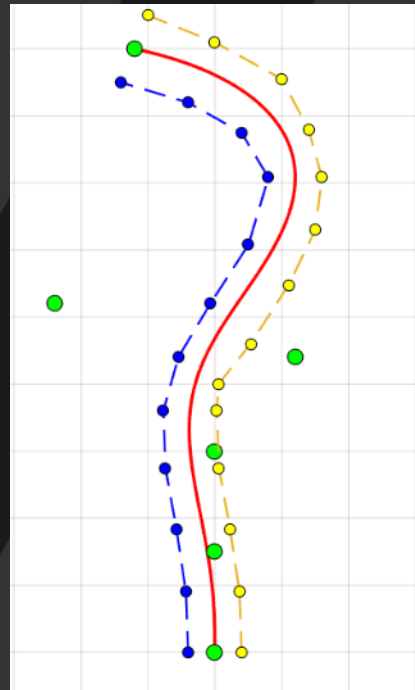
→ **Funzione obiettivo:**

$$obj = \int_{traj} dt(s) = \sum_i t_i = \sum_i \frac{l_i}{v_i}$$

La velocità massima è calcolata con un modello a punto materiale:

$$v_i = \min\{v_i^{max}, v_i^{acc}, v_i^{dec}\}$$

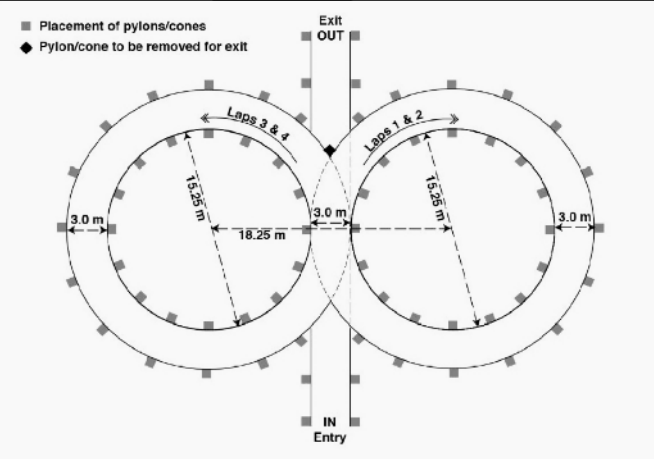
$$\left\{ \begin{array}{l} v_i^{max} = \sqrt{\frac{a_{lat}^{max}}{k_i}} \\ v_i^{acc} = \sqrt{v_{i-1}^2 + 2l_i a_{acc}} \\ v_i^{dec} = \sqrt{v_{i+1}^2 + 2l_i a_{dec}} \end{array} \right.$$



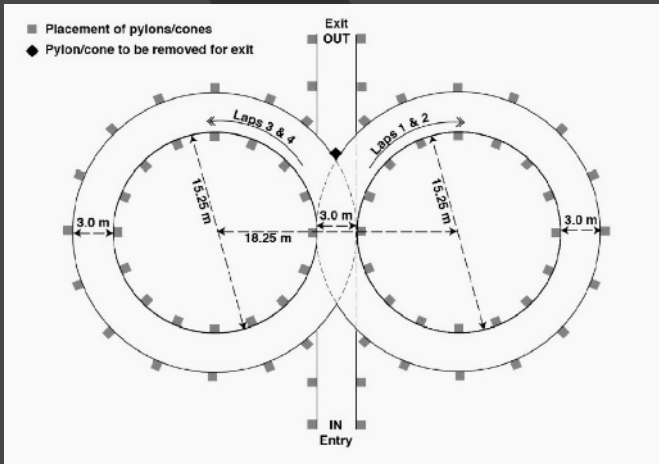
GAJARDA: AUTOCROSS track test



GAJARDA: SKIDPAD event



GAJARDA: SKIDPAD event



Winning Autonomous Trackdrive in 2024

Trackdrive FS East



 **CHALMERS**
FORMULA STUDENT



LINK: <https://youtu.be/GRHANDWnb9w>

CONCLUSIONI:

- Abbiamo risposto alla domanda:
«PERCHÉ LA GUIDA AUTONOMA NELLE **COMPETIZIONI SPORTIVE?**»
- Gli investimenti (principalmente esteri) in questo settore testimoniano l'**interesse industriale** per la guida autonoma o assistita
- Le **competizioni interuniversitarie** possono veicolare significativamente queste tecnologie verso la ricerca industriale
- L'**Italia**, al momento, è ottimamente rappresentata nei diversi campionati per vetture a guida autonoma

Grazie per l'attenzione.



Contatti:

Sapienza Corse Racing Team
www.sapienzacorse.it

teamleader@sapienzacorse.it
giovanni.broggiato@uniroma1.it

Domande?



Contatti:

Sapienza Corse Racing Team
www.sapienzacorse.it

teamleader@sapienzacorse.it
giovanni.broggiato@uniroma1.it