



**FIRST**  
**TECH**  
**CHALLENGE**  
ROMANIA

**NAȚIE**  
PRIN EDUCAȚIE

# HIGHFIVE ROBOTICS TECHNICAL NOTEBOOK 2023

**19049**  
**R0084**



HighFive  
Robotics

# MULȚUMIRI

- Mulțumim **mentorilor noștri** - Emanuel, Marius, Tibi, doamna Iordache, domnul Pătrașcu, Daria și domnul **Onescu** - pentru tot ajutorul acordat echipei.
- Mulțumim **tutorilor echipelor** din comunitatea **FIRST® Tech Challenge România** și pentru că ne sunt alături mereu când avem nevoie de ele.
- Mulțumim prietenilor noștri argeșeni **TehnoZ, TehnoZ Jr și WATT's UP** care au făcut posibilă co-organizarea primului eveniment demonstrativ din județul nostru - **How To Win DEMO**.
- Mulțumim sponsorilor noștri - **Kranz, CTS, Advira Paneuro, Ianis Elecom Distribution, IP Automatic Design, Eltra Logis, PROMOT AUTO EXCLUSIVE** - pentru generozitate și pentru suportul oferit echipei.
- Mulțumim echipelor internaționale **19876 N-1, 11970 Titanium Talons, 6165 MSET CuttleFish, 8813 Winter Soldiers și 16379 KookyBotz** pentru tot ajutorul oferit de-a lungul sezonului.
- Mulțumim **Universității din Pitești, UPit Media și Inspectoratului Școlar Județean Argeș** pentru suportul oferit în timpul organizării **How To Win DEMO**.
- Mulțumim **Asociației Nație Prin Educație și tuturor voluntarilor** care fac toate acestea posibile. You rock!

# CUPRINS

<b>Strategie</b> .....	2
<b>Concluzii tehnice</b> .....	4
» <i>Kickathon</i> .....	4
» <i>BraveBots &amp; HyperCube DEMO</i> .....	5
» <i>How To Win DEMO</i> .....	6
» <i>Regionala #2 FIRST® Tech Challenge România</i> .....	7
<b>Brațe</b> .....	8
» <i>Braț Four-Bar</i> .....	8
» <i>Braț Virtual Four-Bar</i> .....	9
» <i>Braț Extensibil</i> .....	10
» <i>Braț Foarfecă</i> .....	11
» <i>Braț Double Reversed Virtual Four-Bar</i> .....	12
<b>Beacon</b> .....	15
<b>Șasiuri</b> .....	16
» <i>Tanc v1.0</i> .....	16
» <i>Tanc v1.1</i> .....	17
» <i>Mecanum v1.0</i> .....	18
» <i>Mecanum v2A.0</i> .....	20
» <i>Mecanum v2B.0</i> .....	22
» <i>Mecanum v2B.1</i> .....	24
<b>Gheare</b> .....	25
» <i>v1.0</i> .....	25
» <i>v1.1</i> .....	25
» <i>v1.2</i> .....	26
» <i>v2.0</i> .....	26
» <i>v3.0</i> .....	27
<b>Roboți</b> .....	28
» <i>v1.0</i> .....	28
» <i>v1.1</i> .....	29
» <i>v1.2</i> .....	30
» <i>v1.3</i> .....	31
» <i>v2B.0</i> .....	32
» <i>v2B.1</i> .....	33
<b>Autonomie</b> .....	34
<b>Senzor ultrasonic</b> .....	35
<b>PIDF</b> .....	35
<b>Camera Normalization</b> .....	36
<b>Field Centric Drive</b> .....	36
<b>Next Steps</b> .....	37

# STRATEGIE DE JOC

## Scop

- Obținerea unui punctaj ce permite calificarea la națională, într-un mod cât mai eficient din perspectivele *software* și *hardware*.

## Idee

- Am identificat două stiluri generale de joc:
  - » Punerea cât mai multor conuri pe *High Junction - cycling*;
  - » Controlul cât mai multor *Junction*-uri - *owning*;
- Fiecare strategie are **avantaje**, cât și **dezavantaje** astfel:

Strategie	Potențial de punctaj	Simplitatea <i>driving</i> -ului	Fiabilitate	Necesită buna cunoaștere a adversarului
<i>Cycling</i>	×	✓	✓	×
<i>Owning</i>	✓	×	×	✓

- Acestor stiluri de joc le corespund **tipologii diferite de roboți** astfel:

<i>Cycling</i>	<i>Owning</i>
» Mobilitate scăzută » Punctează fără deplasarea șasiului, doar a subsistemelor de colectare și ridicare » Autonomie fiabilă » Timp redus al ciclurilor de punctare pe <i>High Junction</i> -ul cel mai apropiat de <i>Substation</i> » Se bazează pe punctarea cât mai multor conuri pe <i>High Junction</i>	» Foarte agil » Necesită deplasarea întregului robot pentru a puncta » Conceput pentru a puncta pe toate <i>Junction</i> -urile de pe teren foarte eficient » Autonomie mai inconsistentă » Se bazează pe completarea unui <i>Circuit</i>

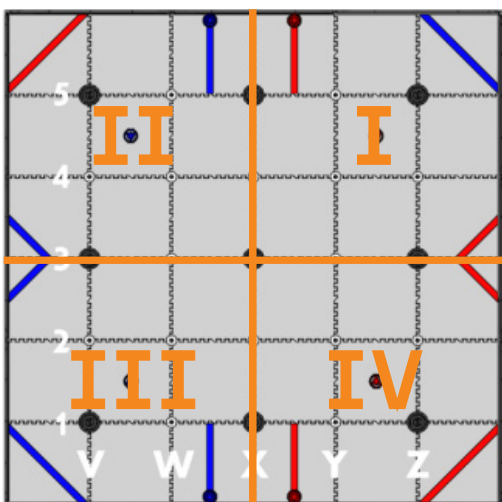
## Autonomie

- Având un robot conceput pentru strategia de *owning*, reușim să punctăm conul *pre-loaded* și încă trei conuri din *Stack* - **20p**
- Parcăm în *Signal Zone*, utilizând un *Signal Sleeve* personalizat - **20p**

## TeleOp

Observație: Realizarea unui *Circuit* este un factor care aduce victoria unei alianțe în mod constant. De exemplu, în timpul evenimentului **How To Win DEMO** co-organizat alături de TehnoZ, TehnoZ Jr și WATT's UP, au fost completate **10 Circuite**, **9** dintre acestea aparținând **alianței câștigătoare**.

- Privim terenul ca fiind format din **4 cadrane** conform figurii:

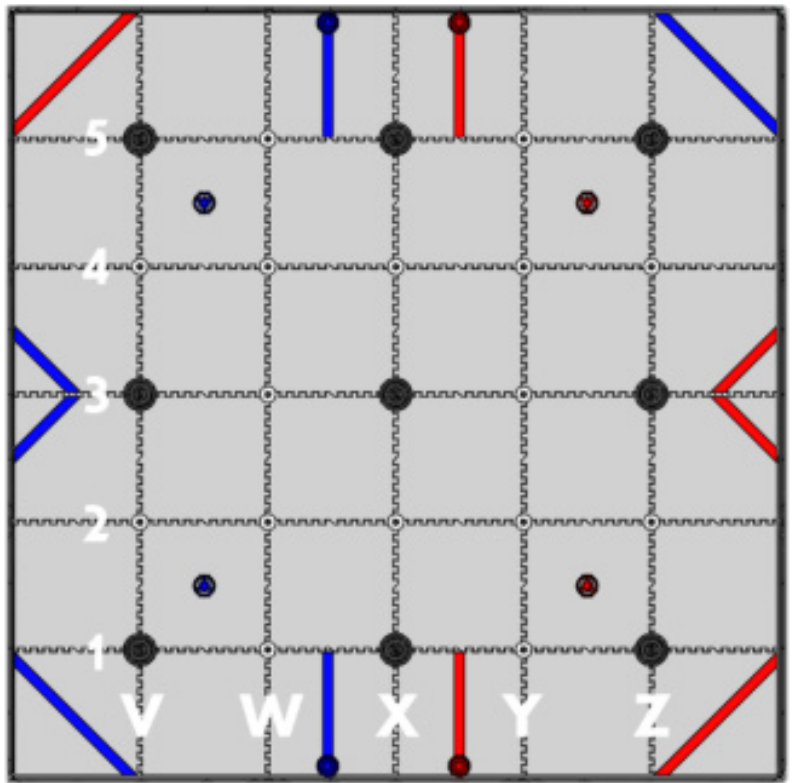


- În funcție de agilitatea roboților din alianță, putem diviza în mod diferit obiectivele:
  - » **RO** - robotul *owning*, agil, care punctează pe *Junction*-urile îndepărtate de *Substation*
  - » **RC** - robotul *cycling*, care punctează foarte rapid pe *Junction*-urile de lângă *Substation*

Observația 2: Pentru explicitarea strategiei echipei, vom presupune că jucăm de partea **alianței albastre**. Procedăm analog pentru alianța roșie.

Observația 3: În continuare, vom folosi notațiile oficiale prezente în imagine cu cifrele 1-5 pentru rând și literele V-Z pentru coloană în denumirea *Junction*-urilor.

- **Perioada 1 - 0-30 secunde**
  - » **Ambii roboți** se concentrează pe stăpânirea **cadranului III**.
  - » La finalul perioadei vom deține: **V1, V2, W1, W2, W3**, dar și **X2**, respectiv **X4** din realizarea Autonomiilor.
- **Perioada 2 - 30-60 secunde**
  - » **RO** își îndreaptă atenția spre **X3, Y3, Y4**.
  - » **RC** menține controlul alianței asupra **cadranului III**.
- **Perioada 3 - 60-90 secunde**
  - » **RO** atacă în **cadranul IV**, controlând cât mai multe *Junction*-uri și îngreunând completarea *Circuitului* alianței roșii.
  - » În cazul în care **nu sunt contestate Junction-urile din cadranul III**, **RC** va ajuta **RO**.
  - » Sunt **păstrate conuri** pentru **End Game**.
- **Perioada 4 - 90-120 secunde - End Game**
  - » **RO** punctează în **X5, Terminal** și **Y4** și își plasează **Beacon-ul** în **Y5**.
  - » **RC** menține controlul asupra **cadranului II** pentru a nu permite realizarea *Circuitului* de către alianța roșie și își plasează **Beacon-ul** în **W4**.



### Evoluție

- **Kickathon** (organizat de Quantum Robotics) și **turneul xRC** (organizat de TehnoZ) - **Cycling**

Autonomie	TeleOp	End Game
<ul style="list-style-type: none"> <li>» Parcare în <i>Signal Zone</i> - 10p</li> <li>» Utilizarea unui <i>Signal Sleeve</i> personalizat - 10p</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» Punerea continuă a conurilor din <i>Substation</i> pe cel mai apropiat <i>High Junction</i></li> <li>» Con punctat la aproximativ <b>10s</b></li> <li>» ~ <b>12 conuri</b> - 12 x 5p</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» <i>Capping</i> - 10p</li> <li>» Parcare în <i>Terminal</i> - 2p</li> <li>» <i>Owning</i> - 3p</li> </ul>
<b>20p</b>	<b>60p</b>	<b>15p</b>
<b>TOTAL: 95p</b>		

- **Turneul xRC** (organizat de 15972 TehnoZ) până în prezent - **Owning**

Autonomie	TeleOp	End Game
<ul style="list-style-type: none"> <li>» Parcare în <i>Signal Zone</i> - 10p</li> <li>» Utilizarea unui <i>Signal Sleeve</i> personalizat - 10p</li> <li>» 3 conuri punctate pe <i>High Junction</i> - 3x5p</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» 2 conuri în <i>Terminal</i> - 2x1p</li> <li>» 2 conuri pe <i>Low Junction</i> - 2x3p</li> <li>» 2 conuri pe <i>Medium Junction</i> - 2x4p</li> <li>» 5 conuri pe <i>High Junction</i> - 5x5p</li> <li>» Renumărarea conurilor punctate în Autonomie - 3x5p</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>» <i>Capping</i> - 10p</li> <li>» Parcare în <i>Terminal</i> - 2p</li> <li>» <i>Owning</i> - 8x3p</li> <li>» <i>Circuit</i> - 20p</li> </ul>
<b>35p</b>	<b>56p</b>	<b>56p</b>
<b>TOTAL: 147p</b>		

### Concluzie

- Robotul actual este gândit pentru strategia de **owning**, însă este versatil, astfel încât să poată realiza orice stil de joc.
- **Strategia abordată** în fiecare meci va fi **în concordanță cu adversarii și coechipierii**.
- De aceea, **studiul constant al meciurilor FTC** la nivel global este esențial pentru echipa noastră.

# CONCLUZII TEHNICE

## - rezumatul participării echipei la evenimente -

### Introducere

- Pentru a ne testa robotul și a putea observa oportunitățile de îmbunătățire existente, ne-am propus să participăm la **cel puțin două evenimente demonstrative**, reușind să acumulăm experiență în teren.
- Astfel, am participat la **două DEMO-uri** în lunile **decembrie** și, respectiv, **ianuarie**, reușind să aducem îmbunătățiri majore datorită observațiilor și testării roboților în condiții cât mai apropiate competiției.

## Kickathon

10-11 septembrie 2022

### Descriere

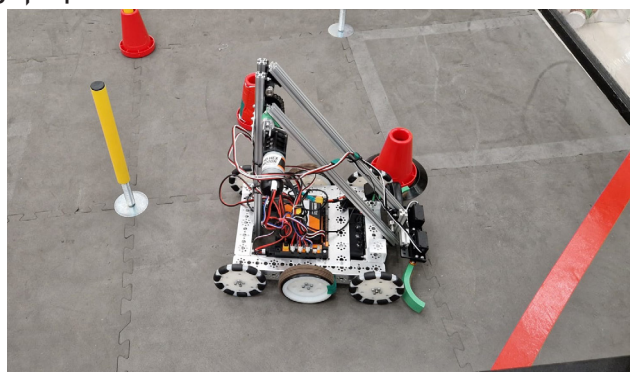
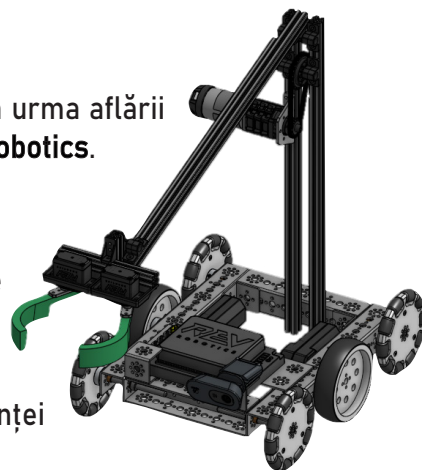
- La începutul sezonului, am avut șansa să facem un robot în doar **16 ore** în urma aflării misiunii **POWERPLAY**, participând la evenimentul organizat de **Quantum Robotics**.

### Obiective

- **Realizarea primei iterații de robot;**
- **Participarea la sesiunea de brainstorming** alături de celelalte echipe participante și **generarea cât mai multor idei;**

### Consecințe și învățături

- Punerea unui con pe *Ground Junction*-ul din fața *Substation*-ului alianței opuse este o **bună strategie;**
- Robotul ar trebui să fie **cât mai compact** pentru navigația printre *Junction*-uri.



## Turneu xRC

26-27 noiembrie 2022

### Descriere

- Dorind să ne familiarizăm cu tema sezonului prin testarea diferitelor strategii, dar în același timp să ne antrenăm echipa de *driveri*, am decis să participăm la **turneul de xRC** organizat de **TehnoZ** și **TehnoZ Jr**, o aplicație ce simulează condițiile unui meci real.

### Obiective

- **Conturarea unei strategii** prin abordarea cât mai multor stiluri de joc concentrate pe modalități diferite de a puncta:
  - » Punerea cât mai multor conuri pe **High Junction - cycling;**
  - » Controlul cât mai multor *Junction*-uri - **owning;**
- **Participarea a două echipe distincte de driving** pentru a antrena cât mai mulți membri pentru acest rol, mai ales în rândul recruților.

### Consecințe și învățături

- **Strategia de owning** este mai avantajoasă prin câștigarea a câte **3p** pentru **deținerea** fiecărui *Junction*, **facilitând și realizarea circuitelor** care aduc un bonus de **20p;**
- Antrenamentul echipei de *driving* trebuie să fie concentrat atât pe **partea de control al robotului**, cât și pe **îmbunătățirea comunicării indicațiilor critice** dintre membri.

# BraveBots & HyperCube DEMO

11 decembrie 2022

## Descriere

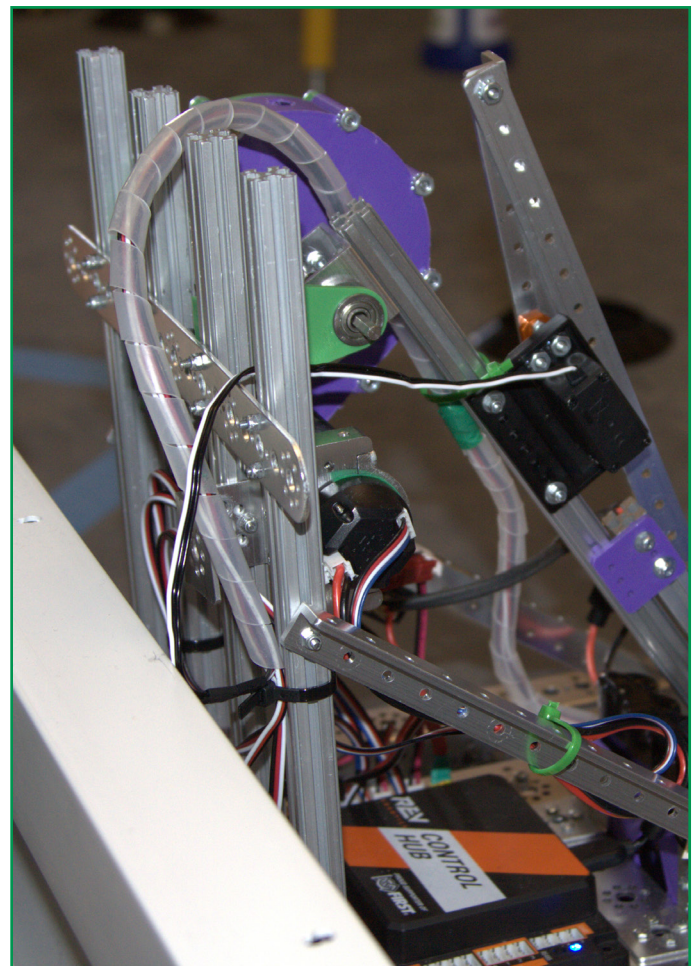
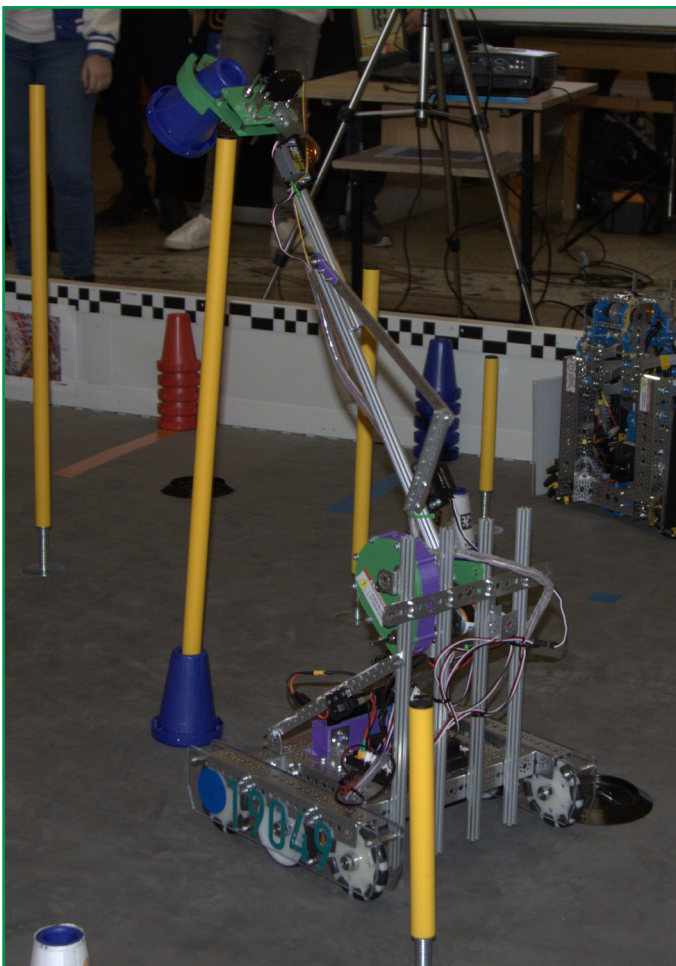
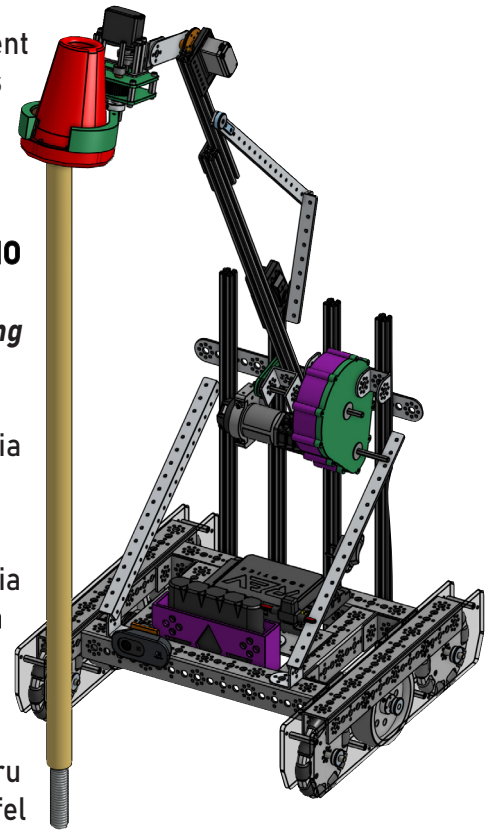
- Dorind să căpătăm experiență pentru organizarea primului eveniment demonstrativ din Argeș, dar, totodată, să ne testăm robotul, am decis să participăm la DEMO-ul organizat de BraveBots și HyperCube la Ploiești înaintea vacanței de iarnă.

## Obiective

- Acomodarea noilor membri cu formatul competiției, fiind primul DEMO la care participă;
- Antrenarea și testarea diferitelor configurații ale echipei de *driving* într-un mediu competițional;
- Testarea robotului v1.3 în meciuri complete;
- Testarea identificării cazului în Autonomie folosind tehnologia *TensorFlow*.

## Consecințe și învățături

- Lumina insuficientă a determinat apariția unor probleme cu detecția cazului din autonomie. Am rezolvat această problemă prin micșorarea zonei de detecție și scăderea minimului de *Confidence* - coeficient în funcție de care se deduce modelul identificat pe teren;
- Poziționarea paralelă cu solul a camerei a cauzat recunoașterea altor elemente - *Signal Sleeve-uri* ale altor echipe, conuri, roboți etc. Pentru a elimina acest risc, am montat camera la o înălțime mai mare, astfel încât este îndreptată ușor spre sol.



# How To Win DEMO

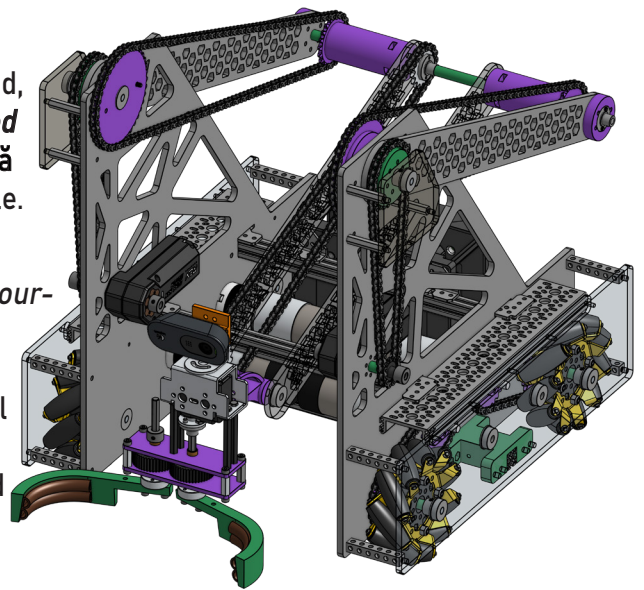
14 ianuarie 2023

## Descriere

- Fiind implicați în organizarea evenimentului, dar dorind, simultan, să **testăm un nou concept de braț - Double Reversed Virtual Four-Bar** - și șasiul v2B.0, ne-am împărțit în două divizii, astfel reușind să ne ducem la capăt toate obiectivele.

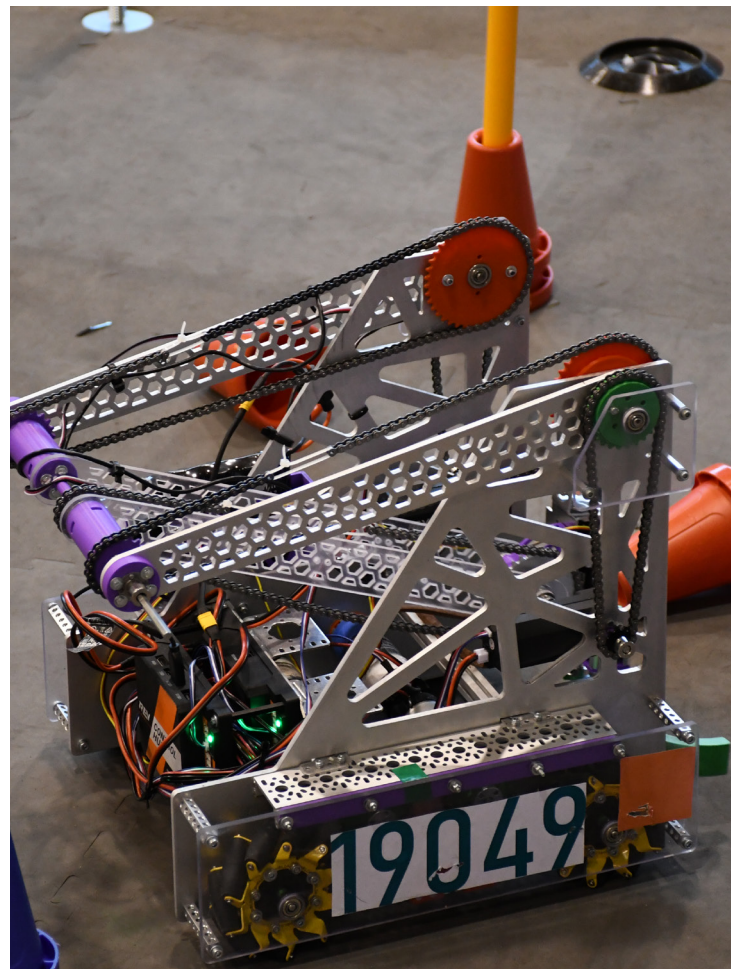
## Obiective

- Testarea noului robot v2B.0 - *Reversed Double Virtual Four-Bar* pe șasiu mecanum;
- Antrenarea echipei de *driving*;
- Testarea și observarea diferitelor strategii de joc cu scopul găsirii celei optime;
- Testarea primei Autonomii care navighează utilizând *RoadRunner*.



## Consecințe și învățături

- Brațul este instabil, mai ales în momentul **extensiei complete**, din cauza lipsei structurii pe segmentul al doilea, îngreunând punctarea conurilor;
- Șasiul este **extrem de agil**, datorită roților mecanum și a transmisiei pe lanț cu **raport 1:1**, astfel folosindu-ne de capacitatea maximă a motoarelor *AndyMark Neverest 20:1*;
- Gheara apucă **inconsistent** conul, din pricina suprafeței mici de contact, a formei componentelor printate 3D și a înălțimii prea joase la care este montată.





# Regionala #2 FIRST® Tech Challenge România

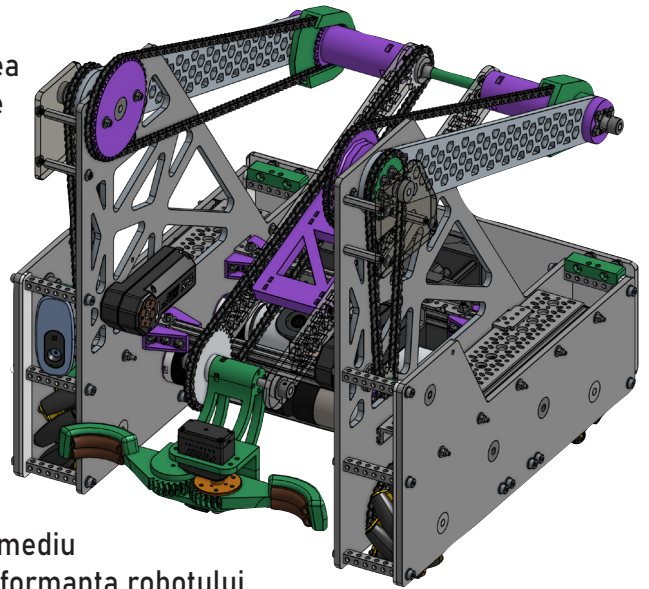
17-19 februarie 2023

## Descriere

- Este prima regională desfășurată *live* de la înființarea echipei, cât și primul eveniment de o asemenea amploare la care participăm, aducând noi provocări tehnice și logistice.

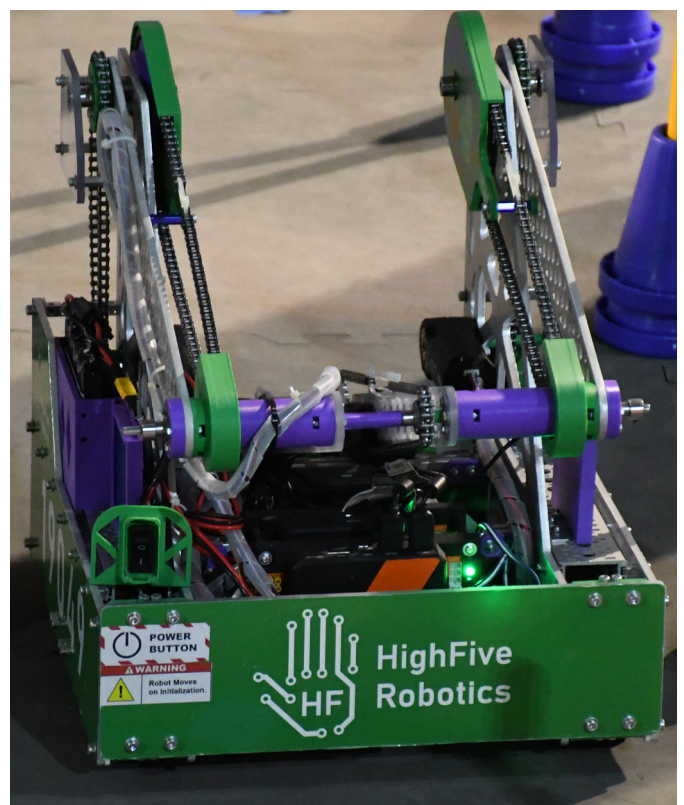
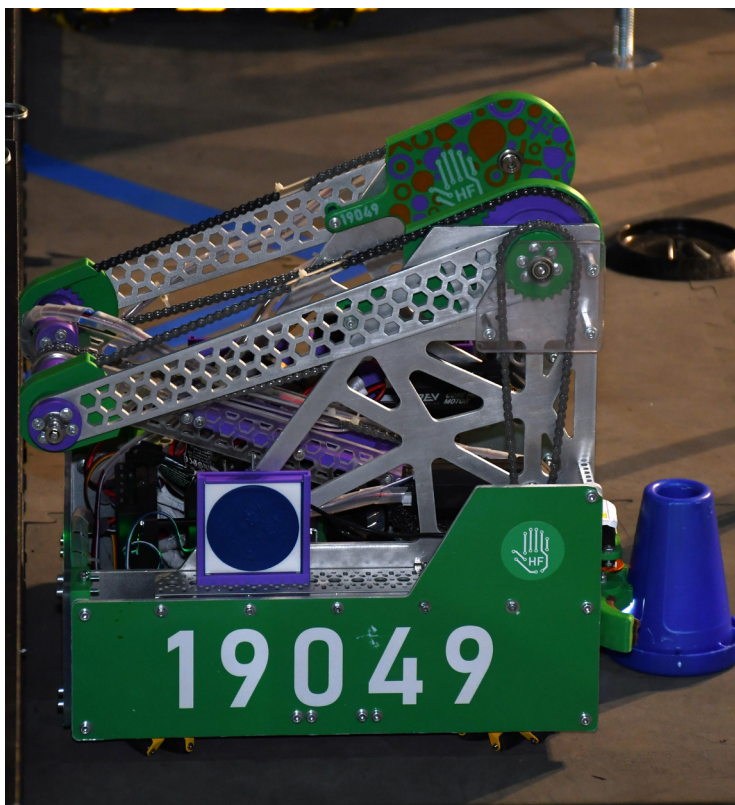
## Obiective

- Testarea **Autonomiei** în condiții diferite de lumină și evaluarea impactului asupra algoritmului de *camera normalization*
- Calificarea la **Etape Națională**
- **Câștigarea** a cât mai multor **meciuri**, concentrându-ne mai ales pe perioada de *TeleOp*
- Testarea echipei de *driving* în condiții de competiție;
- Testarea robotului v2B.1 în condiții de competiție, într-un mediu nefamiliar, unde fiecare factor extern poate influența performanța robotului.



## Consecințe și învățături

- **Autonomia** care implică camera normalization, este **inconsistentă** din cauza prezenței unui reflector lângă teren. Astfel, robotul nu a reușit să se orienteze pe *Junction* și am fost nevoiți să folosim o **Autonomie** doar cu *RoadRunner*.
- Am acumulat **experiență în teren** și am putut să ne **validăm** strategia de *owning*, astfel obținând **6/6** victorii și devenind **căpitani de alianță**.
- Robotul v2B.1 este **foarte fiabil**, neavând nevoie de mentenanță în timpul competiției datorită **design-ului** simplu.



# BRAT FOUR-BAR

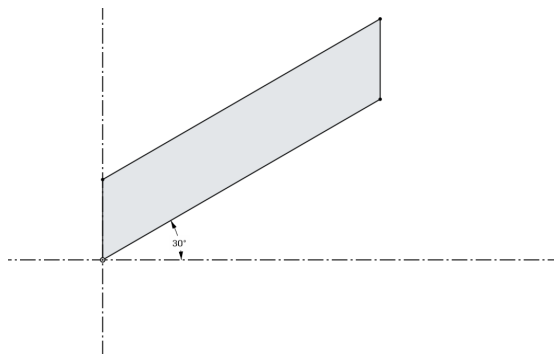
- patru bare care țin gheara paralelă cu solul -

## Introducere

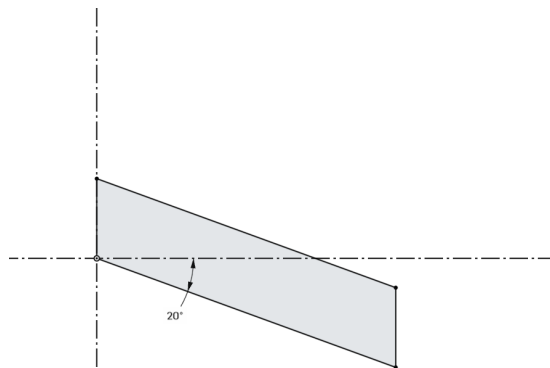
- Având la dispoziție doar **16 ore** am ales un sistem simplu de realizat și programat.

## Concept

- Proprietăți ale paralelogramului:
  - » laturile sunt paralele două câte două;
  - » laturile sunt egale două câte două.
- Folosind acestea, am realizat un **ansamblu din 4 bare egale ca lungimi 2 câte 2 (Four-Bar)**, unde capetele rămân paralele indiferent de unghiul la care punem brațul.



30 de grade față de orizontală



-20 de grade față de orizontală

## Realizare

- Încheieturile brațului au fost realizate cu bușe de plastic. Acesta era angrenat de un motor **REV HD Hex Motor** cu un **UltraPlanetary Gearbox** cu raport de 100:1, urmat de un set de pinioane cu raport de 2:1, astfel ajungând la raportul final de 200:1.

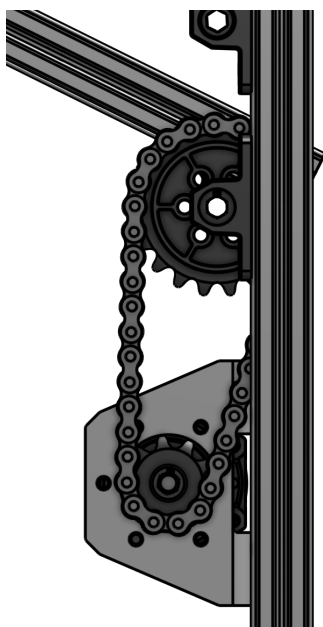
## Analiză

+

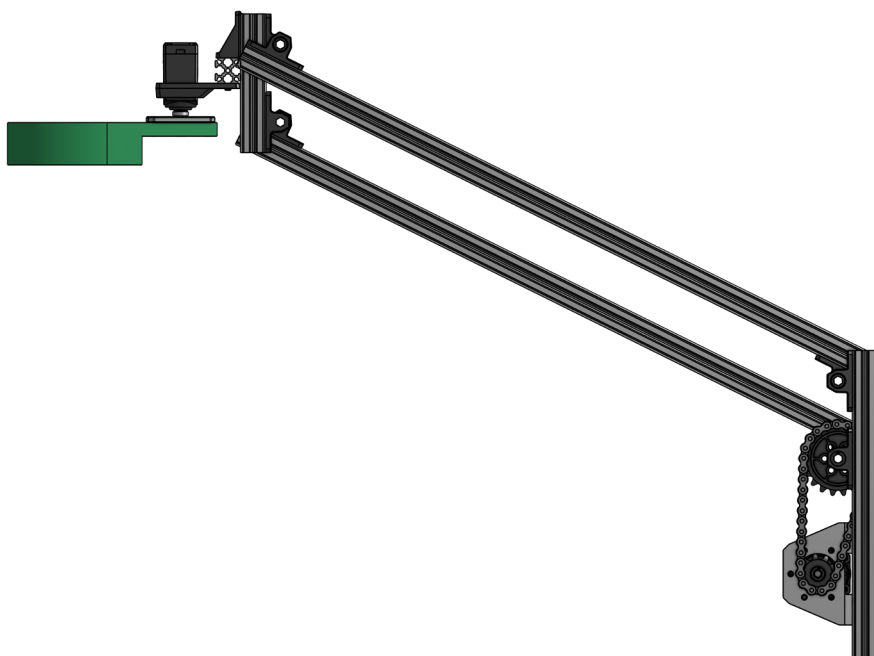
- Este simplu de programat
- Are puține piese

-

- Este instabil
- Sare lanțul din cauza prinderii pe braț a motorului
- Motorul nu poate ține brațul ridicat
- Nu ajunge la *High Junction*



Pinioane cu raport 2:1



# BRAȚ VIRTUAL FOUR-BAR

- cele patru bare sunt înlocuite de un lanț -

## Introducere

- Având la bază robotul inițial, am lăsat recruții să-l îmbunătățească. Aceștia au înlocuit mecanismul de la braț cu unul cu lanț, realizând un *Virtual Four-Bar*.

## Concept

- Varianta îmbunătățită de către **recruți** a brațului precedent. Acest mecanism constă într-un ansamblu de 2 **pinioane identice** care mențin gheara paralelă solul. Dacă schimbăm sistemul de referință și considerăm elementul de structură al brațului ca fiind fix, cele două pinioane devin un angrenaj simplu ce transferă mișcarea în același sens, cu **raport de 1:1**. Schimbând înapoi sistemul de referință, putem observa cum brațul se poate ridica, iar capetele rămân paralele.

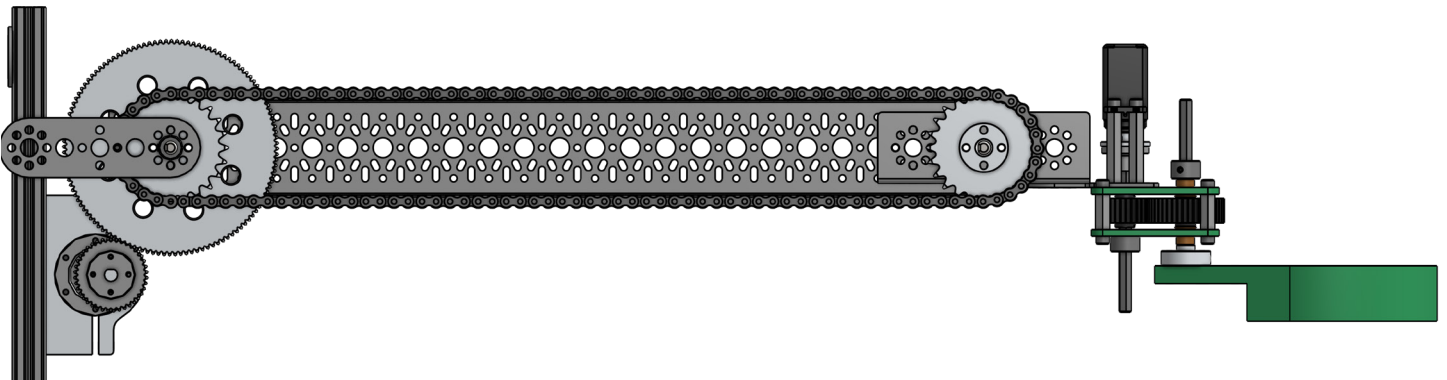
## Analiză

+

- Este simplu de programat
- Are puține piese
- Este mai compact
- Este stabil

-

- Nu ajunge la *High Junction*.



# GEARBOX (REDUCTOR)

- cutie de viteze cu raport 3:1 -

## Introducere

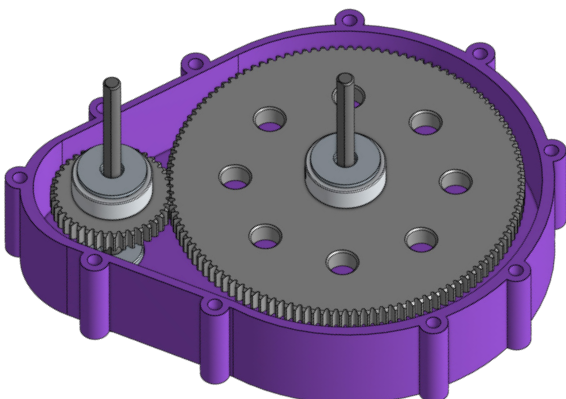
- Pentru a **stabiliza atât mecanismul, cât și brațul**, am decis să proiectăm un **gearbox închis**, cu rulmenți, pentru obținerea cuplului necesar ridicării.

## Concept

- Pentru a nu ne lăsa descoperiți, am realizat un **reductor (gearbox)** pentru acoperirea mecanismului de ridicare a brațului cu **raportul 3:1**.

+

- Stabilizarea roții dințate cu 120 de dinți



-

- Fiind un **gearbox închis**, nu se poate urmări angrenajul dintre roți
- În cazul unei erori, acesta trebuie dezasamblat complet

# BRAȚ EXTENSIBIL

- primul braț ce ajunge la High Junction -

## Introducere

- Am încercat să realizăm un braț ce poate să punteze conuri pe toate tipurile de *Junction*.

## Concept

- Pentru a putea puncta și la *High Junction* a fost nevoie de identificarea unei **soluții mecanice de extindere a brațului**. Astfel, am folosit ca legătură între gheară și angrenajul brațului un sistem *REV Linear Motion Kit V2* acționat de către un *REV Smart Robot Servo*, ale cărui piese le-am realizat pe imprimanta 3D. Acest mecanism ne permite **extinderea brațului cu până la 16 cm**.
- Pentru această modificare **am renunțat la *Virtual Four-Bar*** și am montat gheara pe un ansamblu acționat de un servo pentru a o menține paralelă cu solul.
- Inițial am folosit un *REV Smart Robot Servo* pentru a păstra paralelismul, dar acesta nu a făcut față la greutatea ghearei cu un con în ea. L-am înlocuit cu un servo *goBilda Torque*.
- Tot acest mecanism ne-a îngreunat sistemul. Am fost nevoiți să folosim un motor *REV UltraPlanetary* cu **raport 125:1** și am proiectat un angrenaj de roți dințate (*gearbox*) cu **raport 3:1**.
- Am obținut **raportul final de 375:1**.

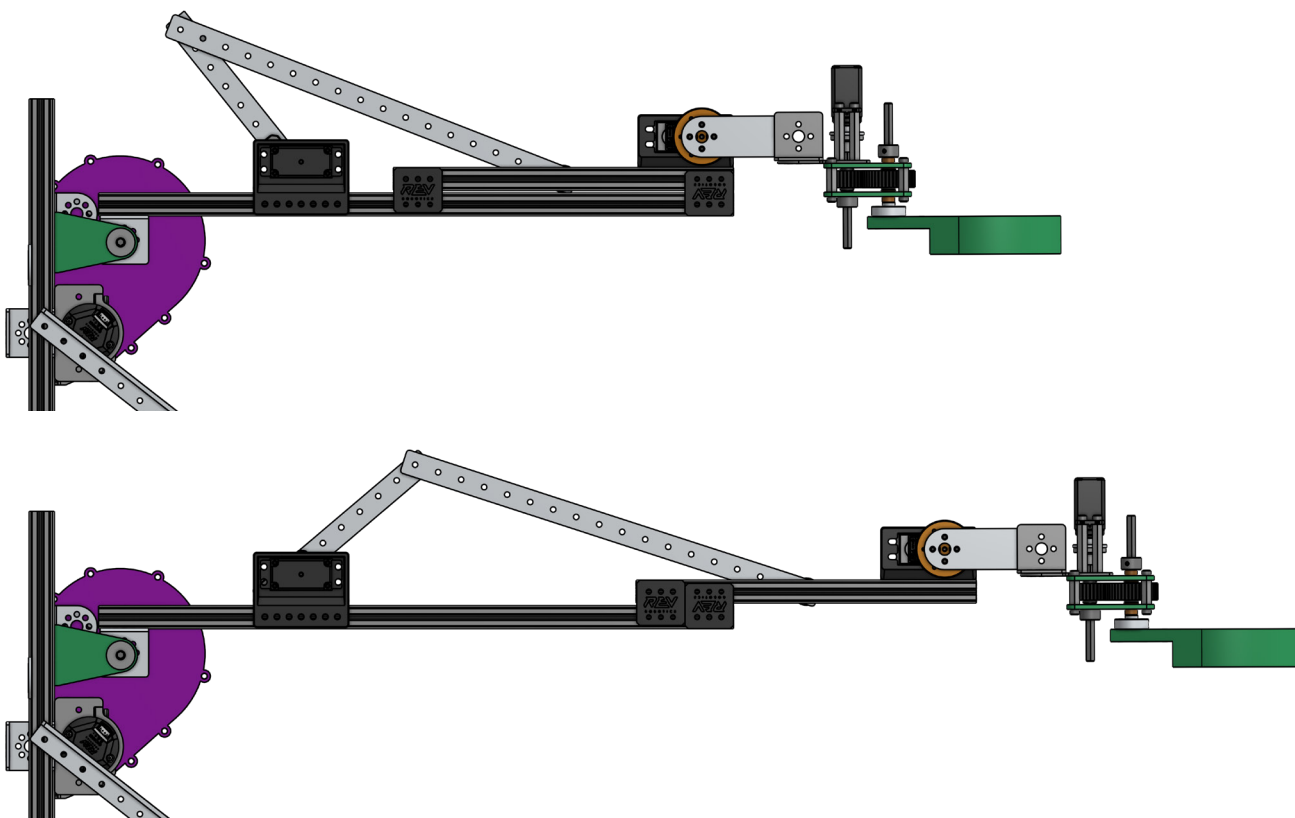
## Analiză

+

- Poate să ajungă la *High Junction*
- Este stabil

-

- Este foarte greu și necesită un motor mai puternic
- Este lent
- Folosește multe piese și *servo-uri*
- Este complex de programat



# BRAT FOARFECĂ

- un ansamblu de segmente care punctează la orice înălțime -

## Introducere

- Dorindu-ne un robot care să fie în același timp complex, cât și ușor de manevrat și programat am ajuns la această iterație.

## Concept

- În încercarea de a identifica alte mecanisme pentru ridicarea conurilor, am descoperit **nacela de tip foarfecă**. Aceasta transformă **mișcarea liniară orizontală în mișcare liniară verticală și o amplifică**.
- Liftul nostru este format din câte **4 segmente în formă de X**, pe ambele părți ale șasiului. Toate aceste elemente **acționează simultan**, astfel înălțimea maximă variază direct proporțional cu numărul de elemente, iar timpul de urcare la aceeași înălțime variază invers proporțional.
- Am acționat liftul cu un mecanism ce transformă mișcarea de rotație a motorului în mișcare liniară orizontală.

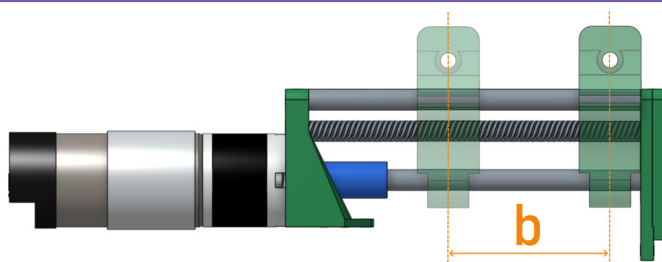
## Date tehnice

- Notăm:
  - »  $d$  - distanța parcursă pe tija filetată trapezoidală
  - »  $G$  - gear ratio
  - »  $P$  - pasul tije
  - »  $EC$  - encoder counts
  - »  $TICKS\_PER\_REV$  - citiri de encoder per rotație
- **Formula calculului distanței parcurse pe șurub în funcție de motor**

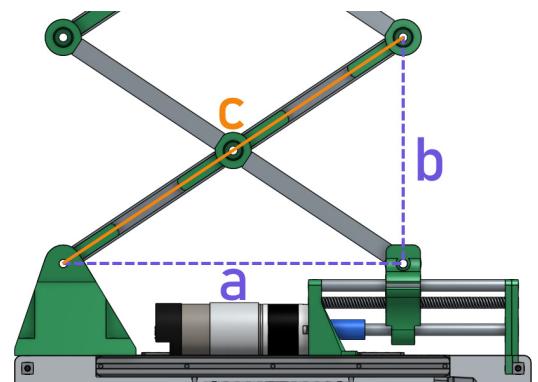
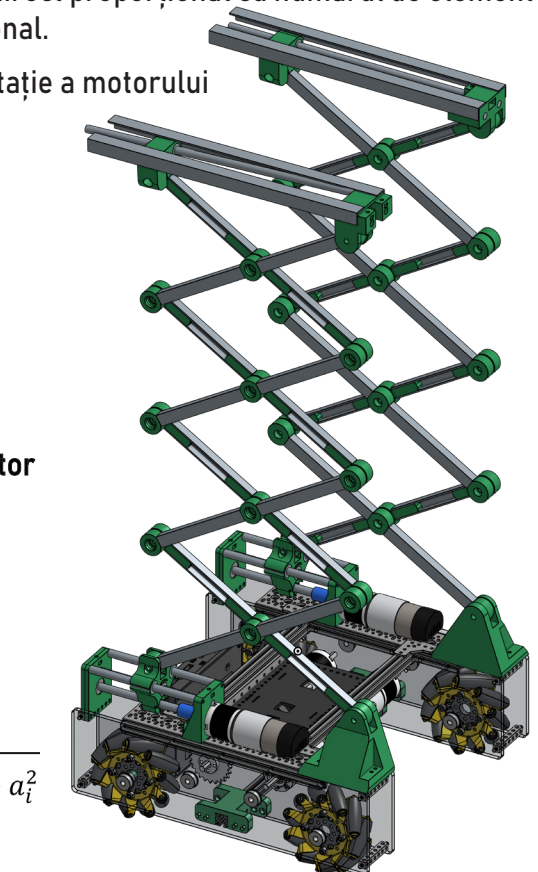
$$d = \frac{EC}{TICKS\_PER\_REV} \cdot G \cdot P$$

- Notăm:
  - »  $\Delta H$  - ridicarea absolută a brațului  $\Delta H = n \cdot \Delta h$
  - »  $\Delta h$  - ridicarea absolută a unui singur segment
  - »  $n$  - numărul de segmente
  - »  $c$  - lungimea unui segment  $\Delta h = \sqrt{c^2 - a_f^2} - \sqrt{c^2 - a_i^2}$
- **Formula encoder counts-urilor în funcție de înălțimea dorită**

$$EC = \frac{TICKS\_PER\_REV}{G \cdot P} \left( \sqrt{c^2 - \left( \frac{\Delta H}{n} - \sqrt{c^2 - a_i^2} \right)^2} - a_i \right)$$



Distanța pe tija filetată trapezoidală



Legătura dintre mișcarea motorului și înălțimea unui segment

- Simplu de programat
- Ajunge la orice Junction
- Stabil

- Necesită foarte multe piese printate 3D care se pot rupe foarte ușor
- Asamblare minuțioasă

# BRAȚ DOUBLE REVERSED VIRTUAL FOUR-BAR

- Cele 4 bare sunt înlocuite de un lanț și sunt duble și inverse : $\theta$  -

## Introducere

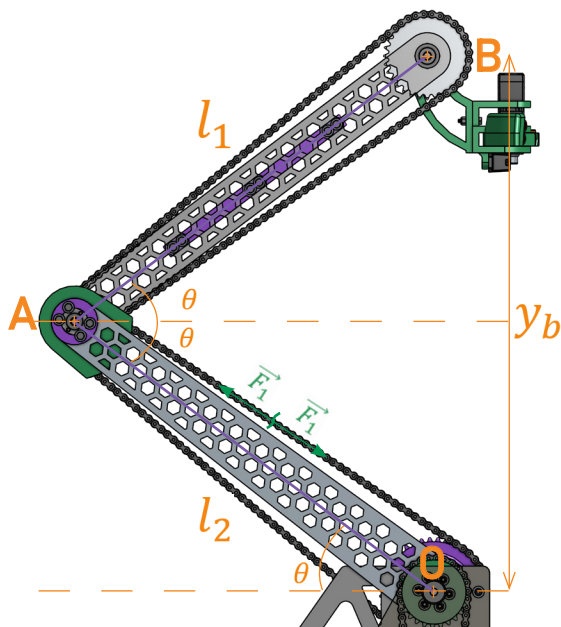
- Analizând încercările precedente de **Virtual Four-Bar** ne-am dat seama de niște neajunsuri ale sistemului, mai exact faptul că a ajunge la *High Junction* cu un singur segment implică depășirea dimensiunilor impuse. Astfel, am folosit **2 segmente inverse unul față de celălalt**, realizând un braț de tip **Double Reversed Virtual Four-Bar**, care ne oferă posibilitatea să punctăm rapid și eficient pe orice *Junction* și să ne încadrăm în gabarit.

## Concept

- Brațul este alcătuit din 2 segmente oglindite față de paralela la sol, care sunt acționate simultan prin sisteme de *Virtual Four-Bar* cu diferite raporturi.
- Am decis să folosim **lanț**, fiind mai durabil în comparație cu o curea de transmisie, astfel având un ansamblu rezistent la șocuri.
- Primul segment** este format dintr-un *Virtual Four-Bar* cu un raport de **1:2**, astfel unghiul format de cele două segmente este dublul unghiului format de primul cu solul.
- Al doilea segment** este alcătuit dintr-un *Virtual Four-Bar* cu un raport invers primului segment - **2:1** -, astfel anulând raportul inițial și menținând gheara perpetuu paralelă cu solul.

## Analiză

+	-
<ul style="list-style-type: none"> <li>Eficient și rapid</li> <li>Rezistență sporită datorită elementelor debitate din aluminiu și policarbonat</li> <li>Este ușor de programat</li> <li>Raporturile inverse ale segmentelor asigură paralelismul ghearei cu solul</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Folosește mult lanț</li> </ul>



### Exprimarea unghiului $\theta$

» Cum  $\theta \in \left(-\frac{\pi}{2}; \frac{\pi}{2}\right)$ , avem  $\theta = \arcsin\left(\frac{y_b}{l_1 + l_2}\right)$

» Este folosit pentru aplicarea **corecției F** a celor două **PIDF Controller** pentru urcarea și coborârea brațului, menită să ia în calcul diferența distribuției forțelor în timpul extensiei.

### Exprimarea înălțimii brațului $y_b$

$$y_b = l_1 \sin \theta + l_2 \sin \theta = (l_1 + l_2) \sin \theta$$

### Exprimarea vitezei $v_B$

$$\dot{y}_b = v_B = (l_1 + l_2) \dot{\theta} \sin(\theta)' = (l_1 + l_2) \omega \cos \theta$$

» unde  $\omega = \omega_{motor} \cdot GEAR\_RATIO$

### Exprimarea accelerației $a_b$

$$\ddot{y}_b = a_b = (l_1 + l_2) \omega \cos \theta + (l_1 + l_2) \omega \theta' (-\sin \theta) = (l_1 + l_2) \omega_1^2 \sin \theta_1$$

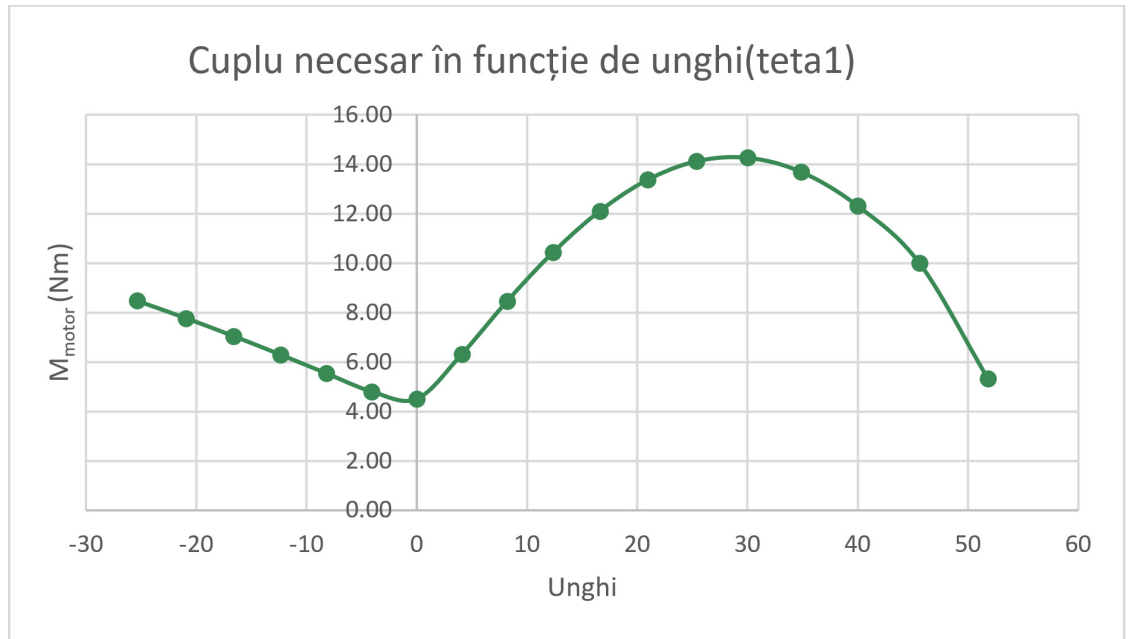
### Calculul rezistenței fașetelor

$$T_1 = F_1 \frac{d_1}{2} \Rightarrow F_1 = \frac{2T_1}{d_1} = \frac{2 \cdot 7000}{80,92} = 173N \Rightarrow \sigma_1 = \frac{F_1}{S} = \frac{173}{2,5 \cdot 1,2} = \frac{173}{3} = \frac{57N}{m^2} = 5,7kgf$$

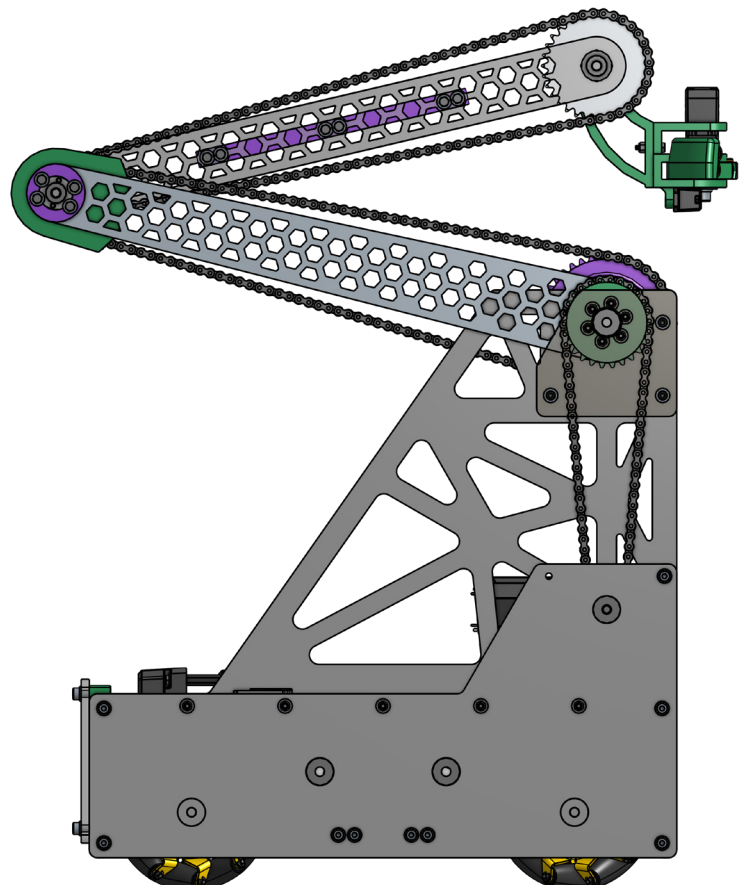
» Astfel, putem tensiona lanțul utilizând fașete de 8,5kgf.



Extensie maximă a brațului

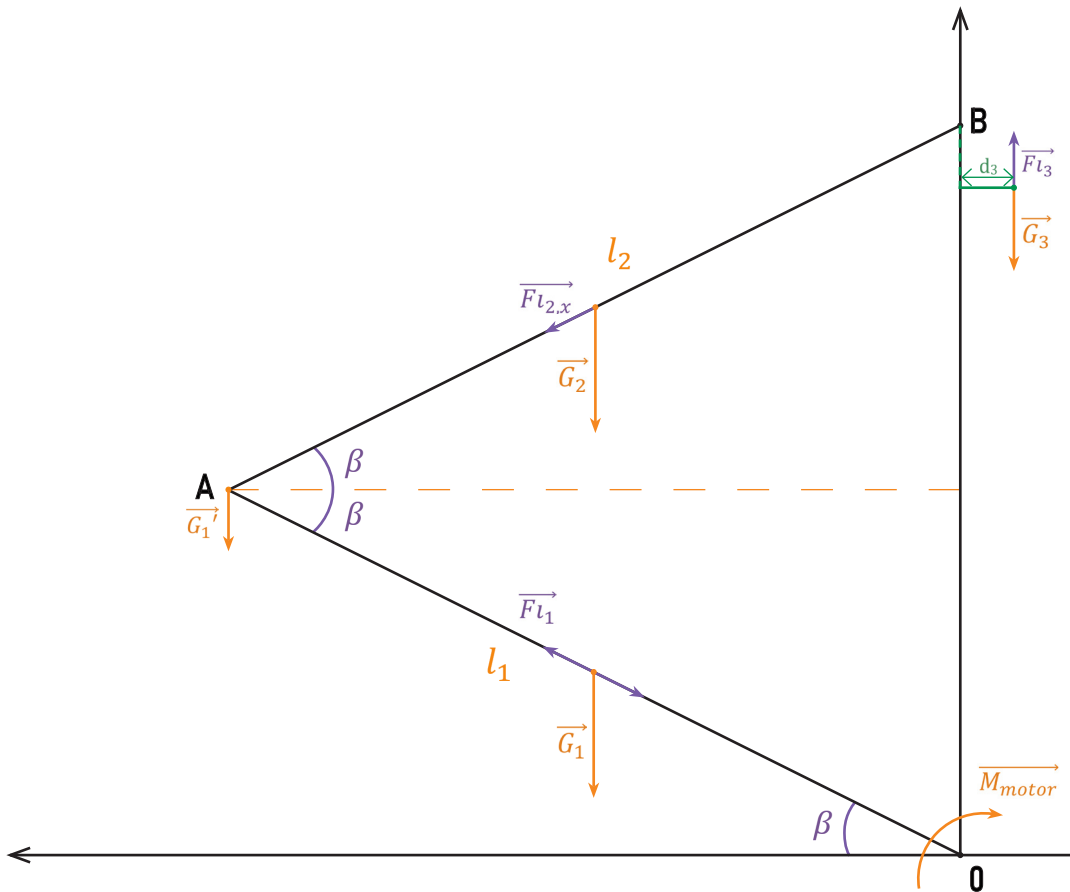


- Din tabel se observă că **momentul necesar ridicării brațului este mai mic decât 16,64 Nm**, deci motoarele **REV Core Hex** sunt potrivite și pot susține brațul în orice punct al mișcării sale.



Brațul în timpul mișcării

Cuplul necesar pentru ridicarea brațului



• Ecuația dinamică

$$I_{red} \cdot \varepsilon_1 = M_{motor} - M_{red_G} - M_{red_{Fi}} = 0$$

»  $\varepsilon_1$  - accelerația unghiulară care apare la pornire,  $\varepsilon_1 = 0$

$$M_{red_G} = G_1 \frac{l_1}{2} \cos\theta_1 + G_1 l_1 \cos\theta_1 + G_2 \frac{l_2}{2} \cos\theta_1 - G_3 d_3$$

• Momentul dat de forța de inerție

$Fi_1 = m_1 \omega_1^2 l_1$  este pe direcția lui AO, nu produce moment

• Pentru elementul 2

$$Fi_{2,x} = -m_2 \omega_2^2 l_2$$

$$Fi_{2,y} = -m_2 \varepsilon_2 l_2 = 0, \text{ deoarece } \varepsilon_2 = 0 \text{ (având rotație cu } \omega_2 = \text{constantă)}$$

• Momentul forței de inerție

$$M_{ri_2} = Fi_{2,x} 2l_1 \sin(l_1 - l_2)$$

• Pentru elementul 3

$$Fi_3 = a_\beta m_3$$

$$M_{ri_3} = -Fi_3 d_3$$

• Totalul momentului de inerție

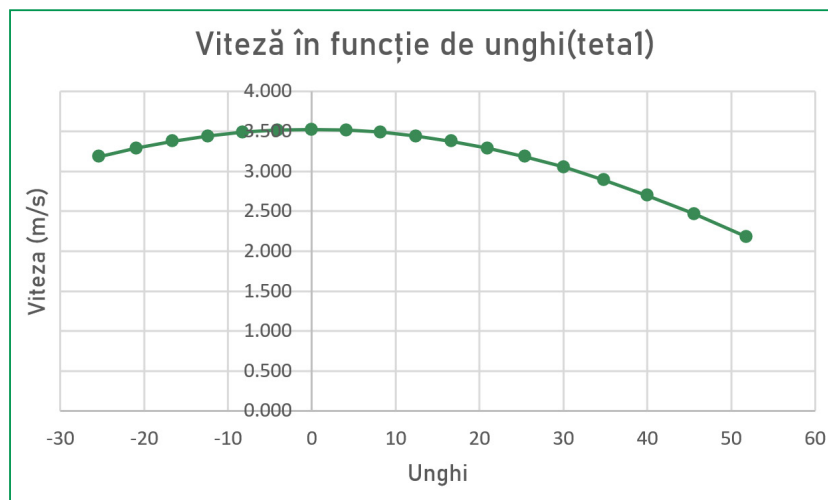
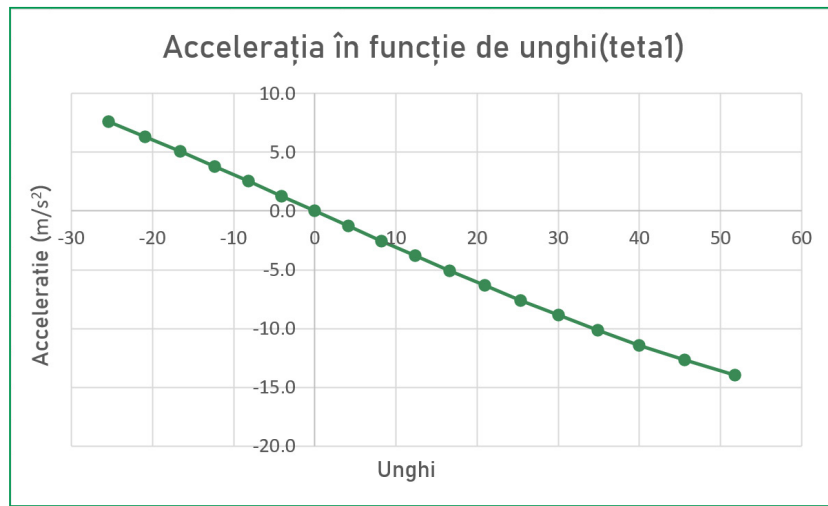
$$M_{ri} = M_{ri_2} + M_{ri_3}$$

• Cuplul necesar motorului în punctul O

$$M_{Onecesar} = k_d (M_{red} + M_{ri})$$

$k_d$  - coeficient dinamic care ține cont de pornire

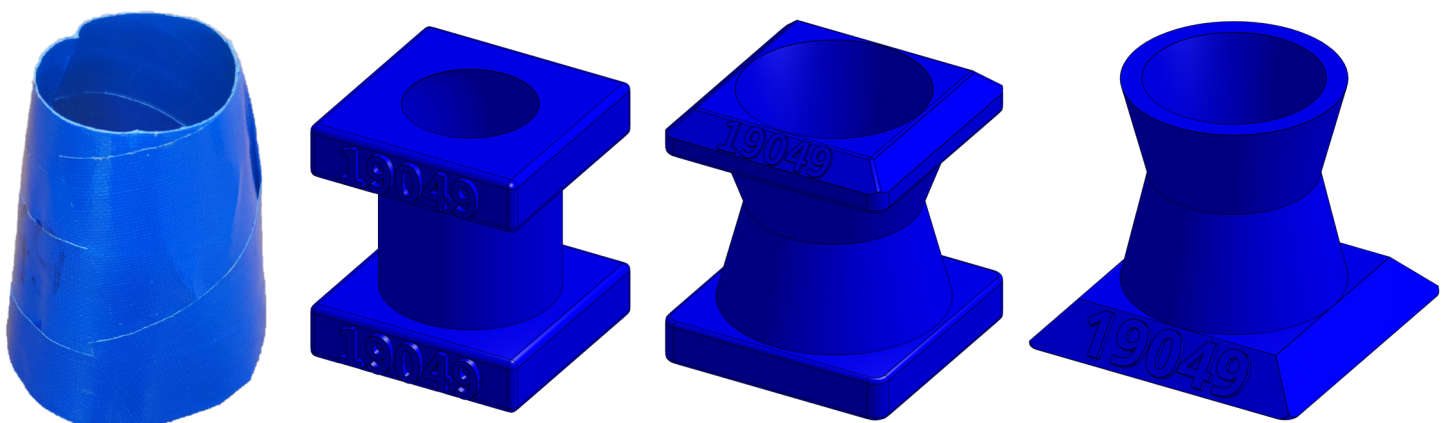




# BEACON

- cel mai important pas al unui circuit -

- **Beacon-ul** este un **element necesar** pentru obținerea punctelor în joc.
- Regulamentul specifică faptul că **se acceptă punctarea Beacon-ului și unui con în același timp**.
- Pornind de la **v1.0** realizată din **bandă adezivă** exact pe forma conului, care se distingea cu dificultate de conuri, am făcut tranziția către un **Beacon** de sine stătător, **proiectat 3D și printat din PLA**. Astfel, acesta poate fi punctat **împreună cu un con sau independent**, în funcție de numărul conurilor rămase în *End Game*.
- Observând că **v2.0** poate cădea de pe con, am trecut la o **formă de clepsidră** în **v2.1**, punând numărul echipei pe o suprafață înclinată și evitând folosirea excesivă a suportilor. Ulterior, am evitat cu totul suportii prin **eliminarea porțiunii superioare** în **v2.2**.



# ŞASIU TANC v1

- şasiul unui robot în 16 ore -

## Introducere

- Participând la *Kickathon*, am făcut un şasiu cât mai compact, ușor de construit, ce are multe opțiuni pentru montarea ansamblelor.

## Concept

- Acesta este un şasiu de tip tanc cu **2 roți motrice** acționate de motoare *REV Core Hex* și **4 roți omnidirecționale pentru stabilizare** (*Six-Wheeled Tank*). Roțile motrice sunt amplasate central pe robot, astfel centrul de rotație coincide cu centrul robotului, pentru a se putea roti în spații mai mici.

## Date tehnice

- Dimensiuni:  $35.2\text{cm} \times 27.7\text{cm}$
  - $\omega_{max} = 125\text{RPM} \simeq 13.09\text{rad/s}$
  - $r = 10.16\text{cm} = 0.1016\text{m}$
  - $v_{max} = \omega_{max} \cdot r$
- $$\left. \begin{array}{l} \omega_{max} = 125\text{RPM} \simeq 13.09\text{rad/s} \\ r = 10.16\text{cm} = 0.1016\text{m} \end{array} \right\} \Rightarrow v_{max} \simeq 1.33\text{m/s}$$

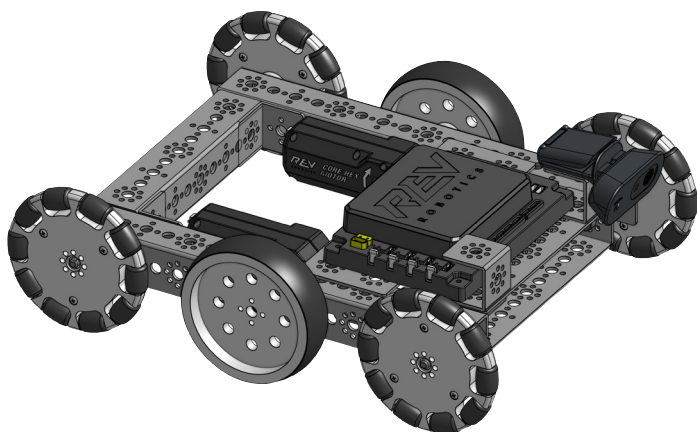
## Analiză

+

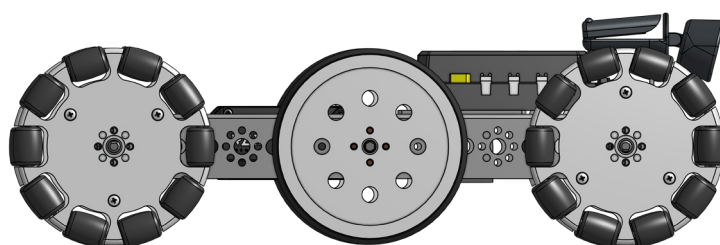
- Design foarte compact, ce ne ajută să navigăm printre *Junction*-uri.
- Fiabilitate mare datorită numărului mic de piese

-

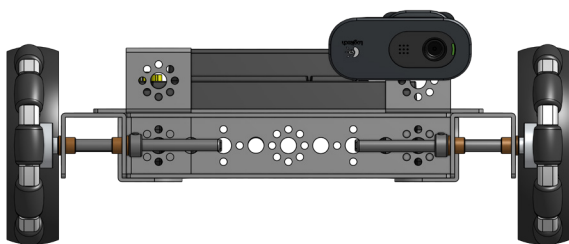
- Pentru a schimba axa de deplasare este nevoie de rotirea întregului robot
- Se poate bloca în *Ground Junction*, deoarece roțile motrice sunt la același nivel cu roțile libere
- Foarte încet din cauza motoarelor *REV Core Hex*



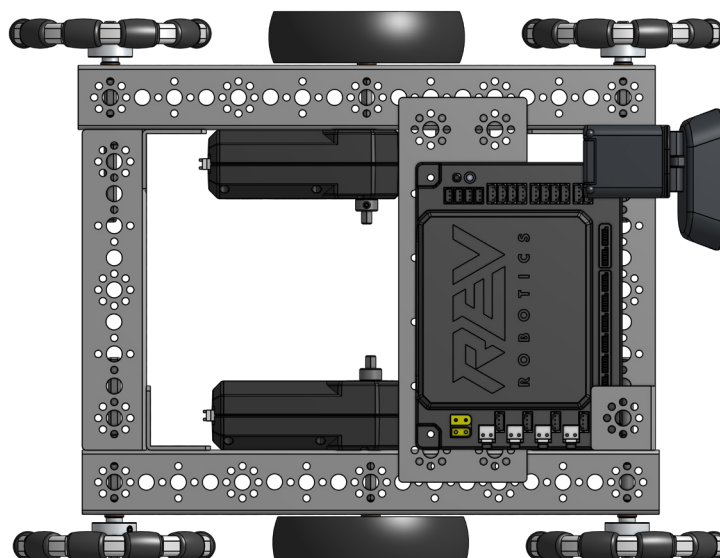
Vedere de ansamblu



Vedere laterală



Vedere frontală



Vedere de sus

# ȘASIU TANC v1.1

- upgrades, people, upgrades -

## Introducere

- Pornind de la conceptul robotului de la *Kickathon* am realizat un nou șasiu format din **plăci de policarbonat** suprapuse, având ca elemente de suport atât **standoff-uri** cât și un **u-channel** transversal.

## Concept

- Dorind un robot cât mai compact și agil am decis să folosim doar 2 roți motoare și 4 roți omnidirecționale de ghidaj, astfel având posibilitatea să ne rotim în loc perfect, lucru ce ne permite să ne optimizăm traseul în timpul meciului.

## Date tehnice

- Dimensiuni:  $36.6\text{cm} \times 37.2\text{cm}$
  - $\omega_{max} = 340\text{RPM} \simeq 35.60\text{rad/s}$
  - $r = 10.16\text{cm} = 0.1016\text{m}$
  - $v_{max} = \omega_{max} \cdot r$
- $$\left. \begin{array}{l} \omega_{max} = 340\text{RPM} \simeq 35.60\text{rad/s} \\ r = 10.16\text{cm} = 0.1016\text{m} \end{array} \right\} v_{max} \simeq 3.62\text{m/s}$$

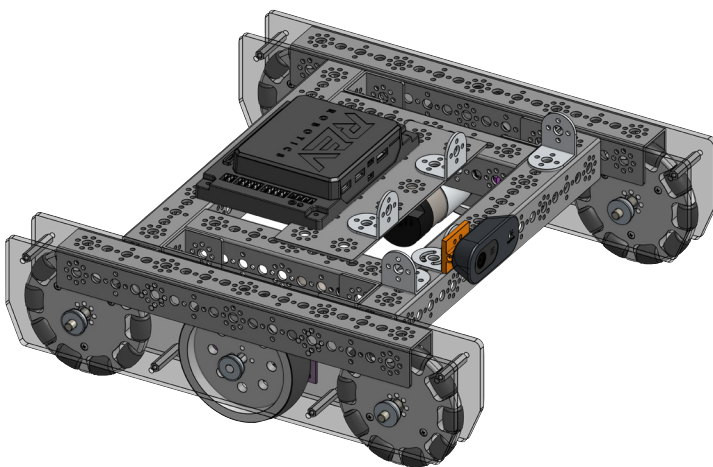
## Analiză

+

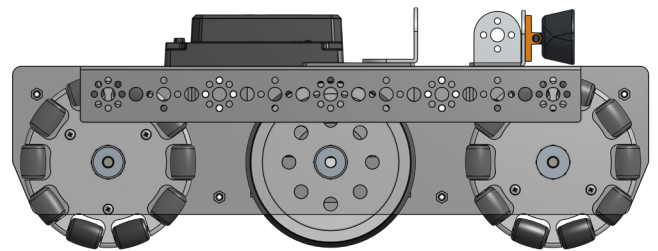
- Design compact, ce ne ajută să navigăm printre *Junction-uri*
- Agilitate crescută mulțumită motoarelor *AndyMark Everest 20:1*
- Fiabilitate mare datorită stabilității oferite de rulmenți și de suprapunerea plăcilor de policarbonat

-

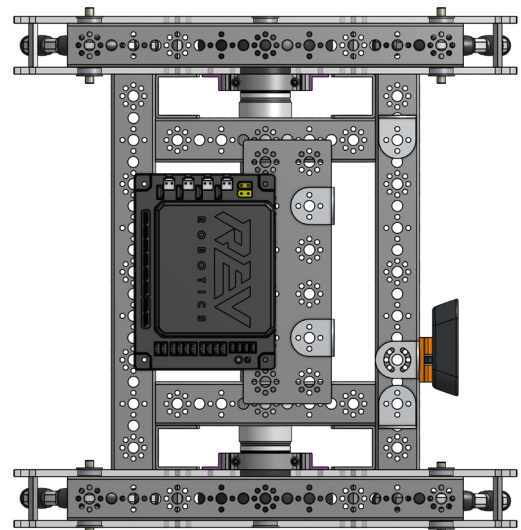
- Pentru mișcarea într-o direcție diferită, trebuie rotit robotul, ceea ce necesită mult timp
- Roțile de tracțiune nu ating foarte bine solul, deoarece sunt la același nivel cu cele omnidirecționale, determinând o mișcare neuniformă



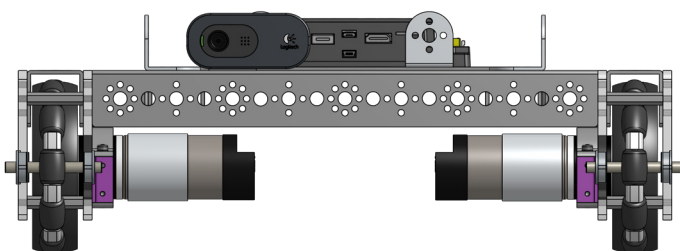
Vedere din ansamblu



Vedere laterală



Vedere de sus



Vedere frontală

# ȘASIU MECANUM v1.0

- nice try -

## Introducere

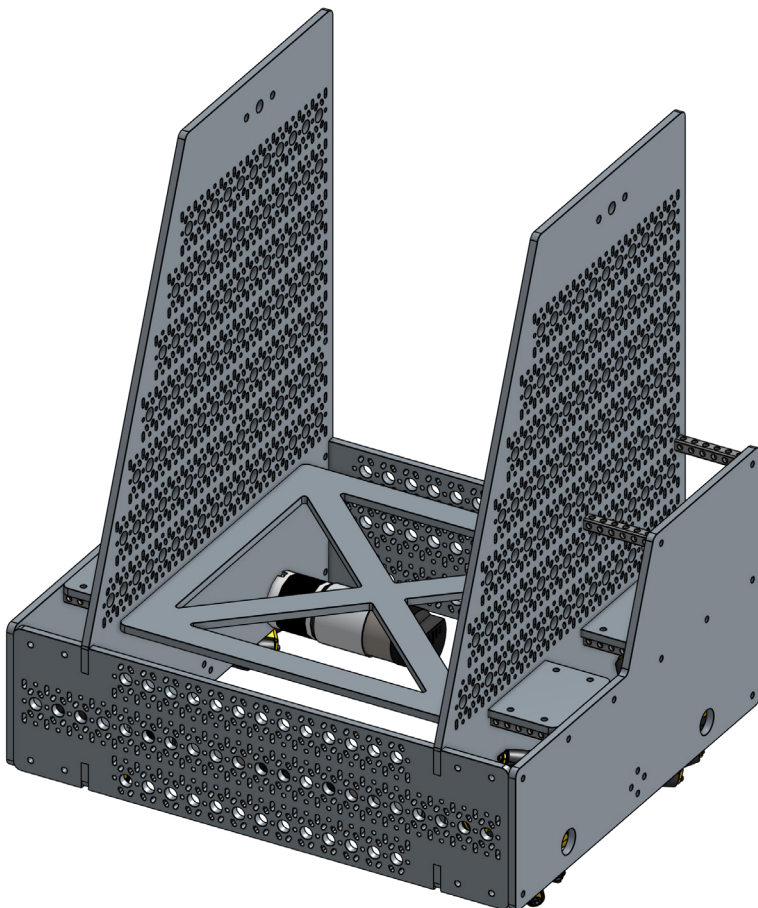
- Pentru prima dată de la înființarea echipei, am proiectat un șasiu de la zero, fără a utiliza piese prefabricate. Astfel, avem posibilitatea de a realiza un șasiu potrivit unui braț format din 2 segmente, dar și extrem de versatil, respectiv alte sisteme de ridicare, datorită modelului de găuri de la **REV Robotics** prezent pe plăcile interioare.

## Concept

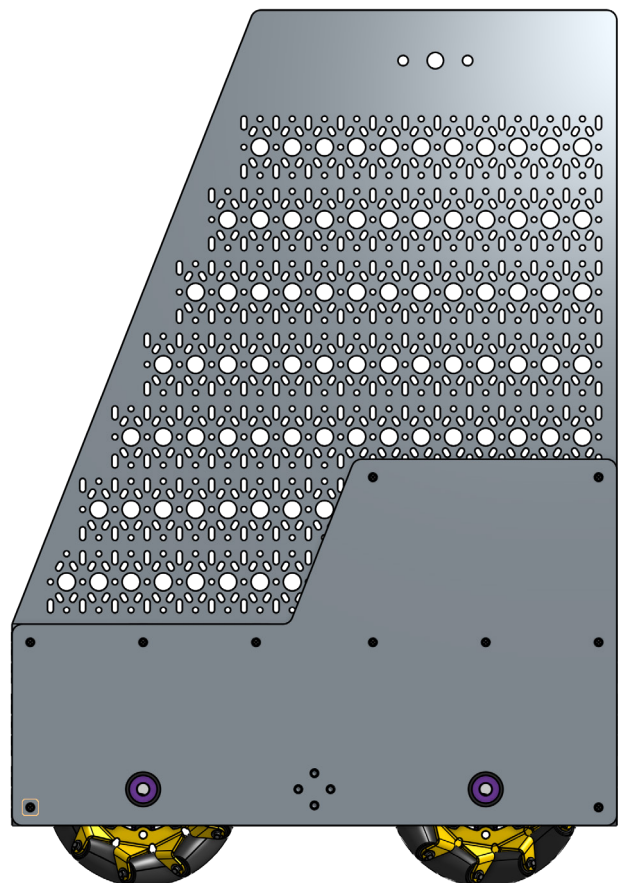
- Șasiul nostru este alcătuit dintr-un sistem de plăci cu rulmenți debitate din aluminiu. Având placa interioară înălțată, putem să folosim brațul format din 2 segmente la potențialul maxim. De asemenea, plăcile interioare prezintă un model de reducere a greutateii format din modelul de găuri specific producătorului **REV Robotics**.
- Pentru a asigura integritatea șasiului, cele 2 laterale sunt unite printr-o placă susținută cu ajutorul unor **beam-uri**.
- Roțile mecanum au un sistem de transmisie **Direct Drive**, adică motorul este conectat direct la roți.

## Date tehnice

- Dimensiuni:  $30,0\text{cm} \times 36,1\text{cm}$
  - $\omega_{max} = 340\text{RPM} \simeq 35.60\text{rad/s}$
  - $r = 9.6\text{cm} = 0.096\text{m}$
  - $v_{max} = \omega_{max} \cdot r$
- $$\left. \begin{array}{l} \omega_{max} = 340\text{RPM} \simeq 35.60\text{rad/s} \\ r = 9.6\text{cm} = 0.096\text{m} \\ v_{max} = \omega_{max} \cdot r \end{array} \right\} v_{max} \simeq 3.41\text{m/s}$$



Vedere de ansamblu



Vedere laterală

+

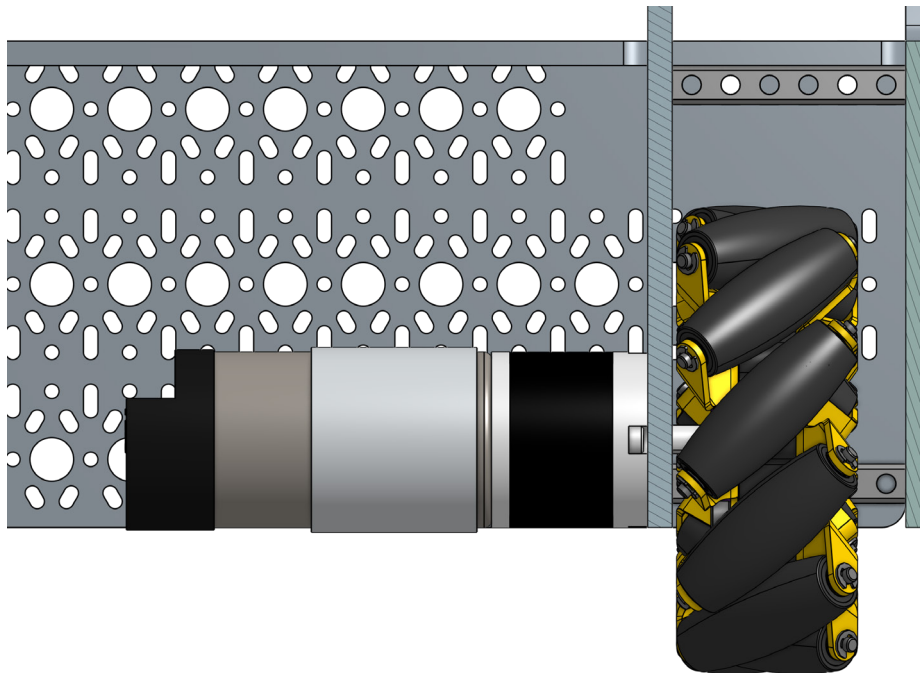
- Versatilitate mare datorată modelului de prinderi de la REV prezente pe plăcile interioare
- Agilitate ridicată datorită vitezei și dimensiunii reduse

-

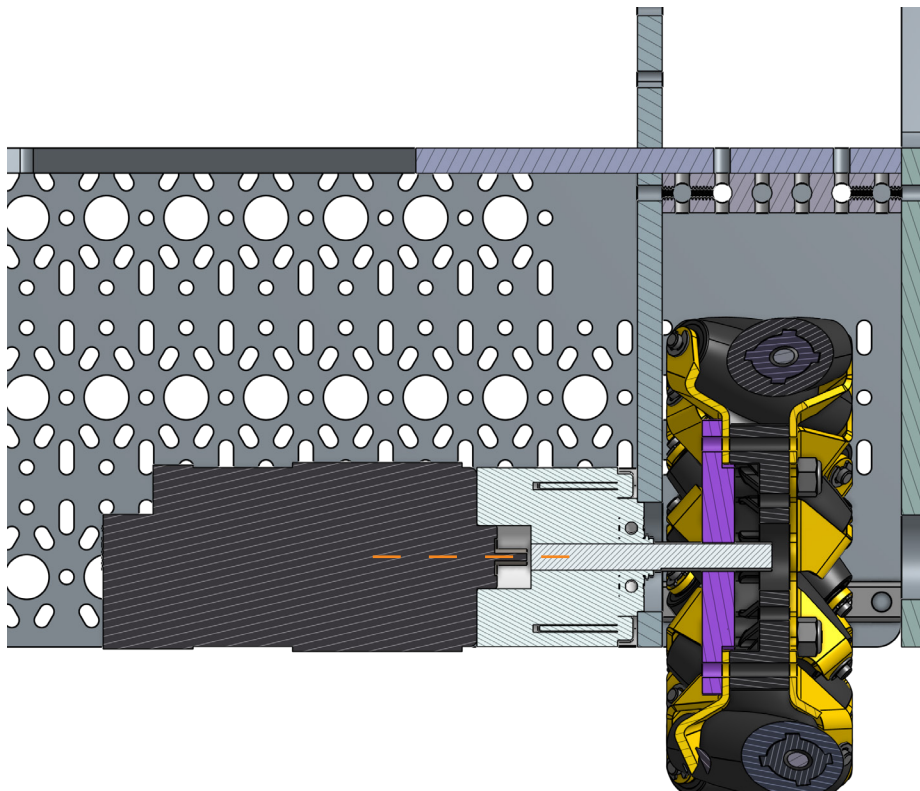
- Montarea neconformă a roților, ce duce la desprinderea lor de pe axul motorului
- Centru de greutate înălțat, conducând la răsturnarea ușoară a robotului

### De ce nu a mers?

- Principalul motiv pentru care nu a mers constă în faptul că **prinderea roții** nu are suprafață suficientă de contact cu **axul motorului**, astfel riscând **desprinderea roților în timpul funcționării**.
- Roțile erau susținute **doar de axul motorului**.
- **Centrul de greutate** ridicat, ce duce la răsturnarea ușoară a **întregului robotului**.
- **Greutatea excesivă** aduce cu sine **pierderea agilității robotului**.



Secțiune în șasiu



Secțiune în roată

# ȘASIU MECANUM v2A.0

- șasiul mecanum versatil -

## Introducere

- Dorind un **șasiu modular**, care permite cu ușurință acomodarea la noile idei de brațe, am pornit de la structura șasiului tanc v1.1 și am adaptat-o la roțile mecanum.

## Concept

- Folosindu-ne de **sistemul de plăci cu rulmenți suprapuse** și de **lanț** ca principal mod de transmisie, am realizat un șasiu compact și agil care ne permite să navigăm într-un mod eficient și consistent în teren, cu ajutorul motoarelor **AndyMark Neverest 20:1** și al pinioanelor cu **raport 1:1**.

## Date tehnice

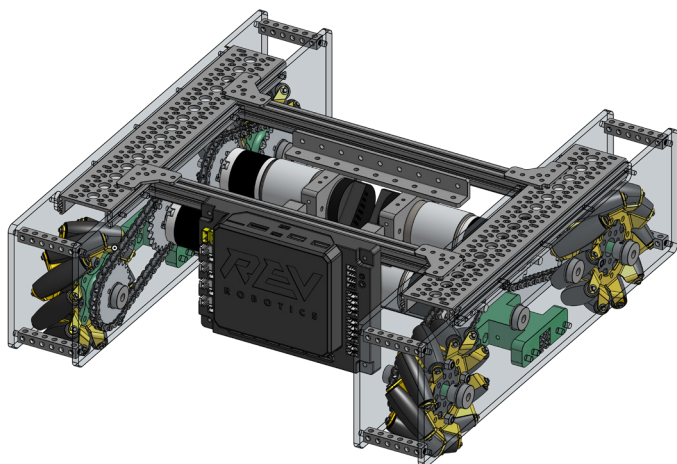
- Dimensiuni:  $34.3cm \times 36.2cm$
  - $\omega_{max} = 340RPM \simeq 35.60rad/s$
  - $r = 9.6cm = 0.096m$
  - $v_{max} = \omega_{max} \cdot r$
- $$\left. \begin{array}{l} \omega_{max} = 340RPM \simeq 35.60rad/s \\ r = 9.6cm = 0.096m \end{array} \right\} v_{max} \simeq 3.41m/s$$

+

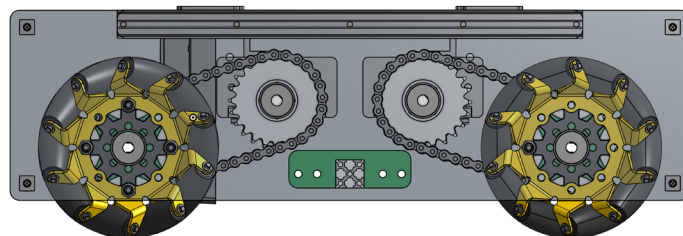
- Agilitate crescută mulțumită motoarelor **AndyMark Neverest 20:1**
- Fiabilitate mare datorită stabilității oferite de rulmenți și de suprapunerea plăcilor de policarbonat
- Versatilitate mărită datorită multitudinii punctelor de prindere

-

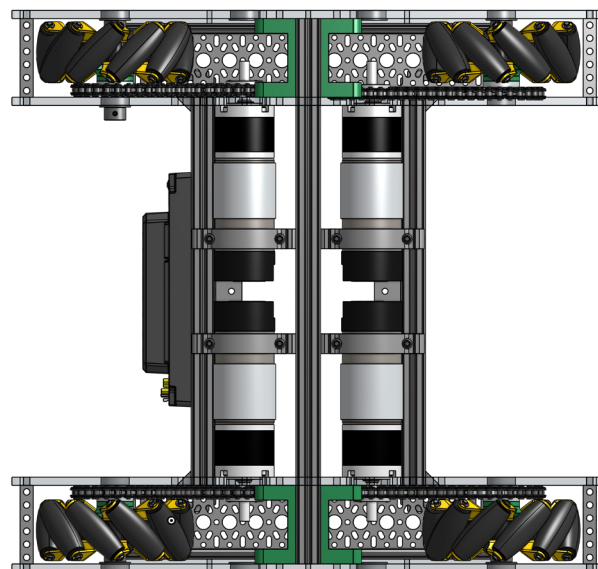
- Montaj dificil
- Plăcile de policarbonat se pot fisura



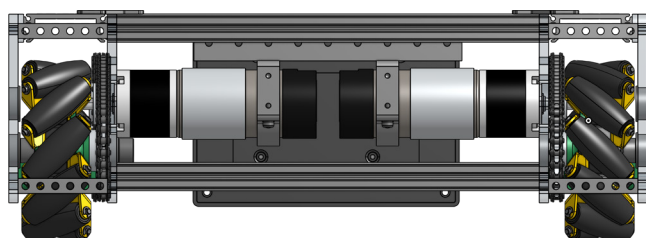
Vedere din ansamblu



Vedere laterală



Vedere de jos



Vedere frontală

### De ce este montajul dificil?

- În teorie totul ar trebui să fie bine - între panoul interior și lanț sunt **0.514mm**, iar între roata mecanum și lanț sunt **0.602mm**, dar în practică, piesa pentru adaptarea roții la pinion (Fig. 1) și pinionul (Fig. 2) sunt **3D printate din PLA - plastic moale**, iar, din cauza tensiunii aplicate asupra lor, acestea se îndoaie și lanțul începe să atingă de roata mecanum, rezultând într-o **mișcare neuniformă și dăunătoare a pieselor**.
- Între **capul șurubului**, care prinde **pinionul de roată**, și rulment sunt **0.2mm**. Această distanță este menținută doar de un **distanțier printat din PLA** care se **degradează în timp**, iar cele două încep să se atingă, creând **frecări metal-metal**.

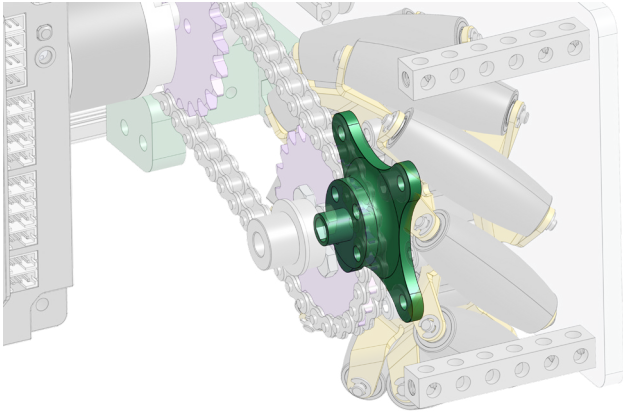


Fig. 1

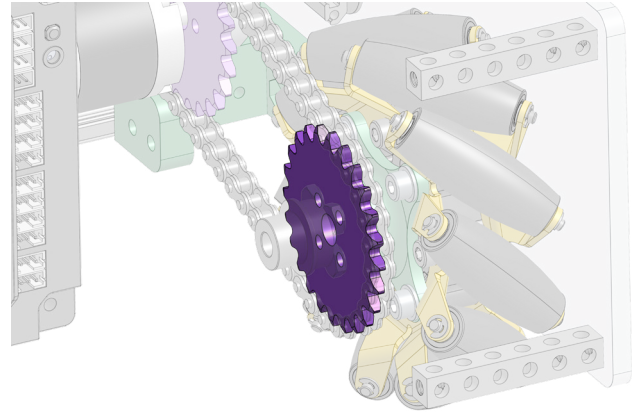
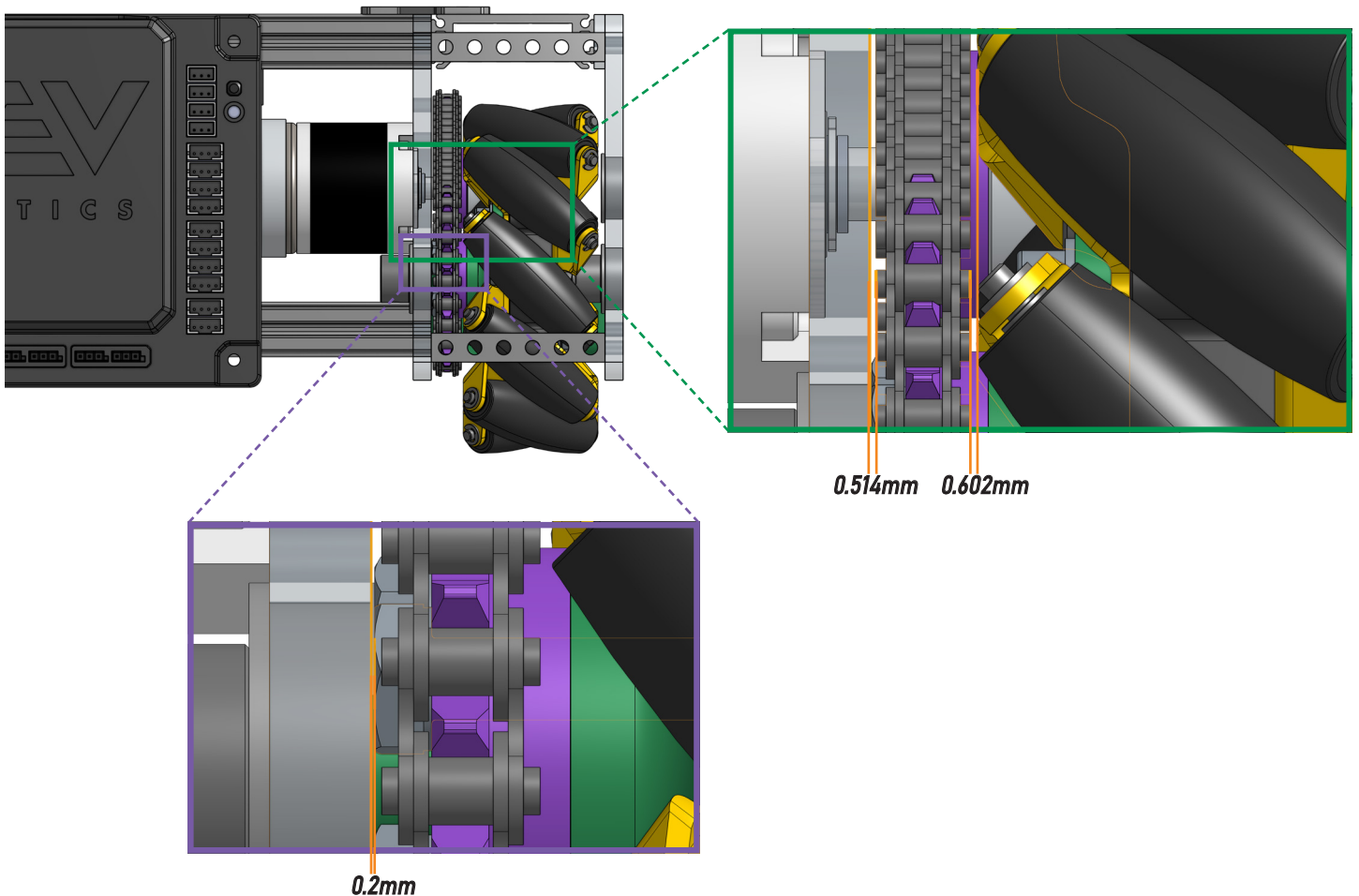


Fig. 2



# ŞASIU MECANUM v2B.0

## Introducere

- Pornind de la şasiul v2A.0, am dezvoltat un nou concept, având **plăcile interioare de policarbonat modificate și debitate din aluminiu** și dobândind o structură rezistentă și posibilitatea de folosire a sistemului de ridicare **Double Reversed Virtual Four-Bar**.

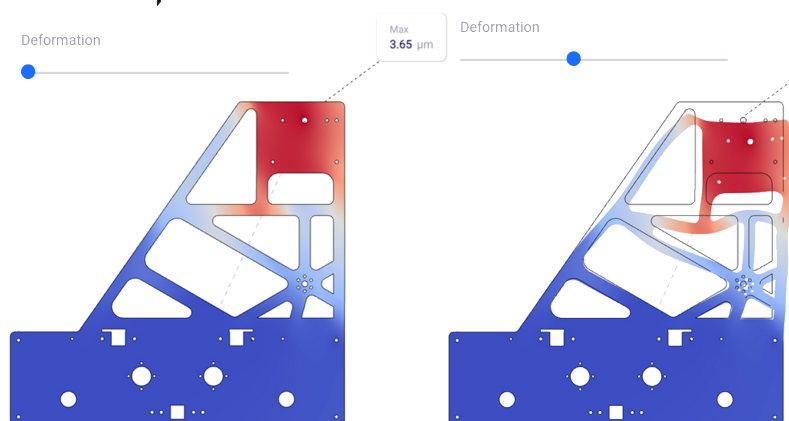
## Concept

- Plăcile interioare** au un model de **reducere a greutateii** în **partea superioară** pentru a ușura **tot ansamblul robotului**, dar și pentru a apropia **centrul de greutate de sol**, oferindu-ne mai multă stabilitate în timpul extensiei brațului.
- Plăcile exterioare** sunt, și ele, **înălțate** cu scopul de a ține **drepti acșii** de la **motoarele care angrenează brațul**.

## Model de reducere a greutateii

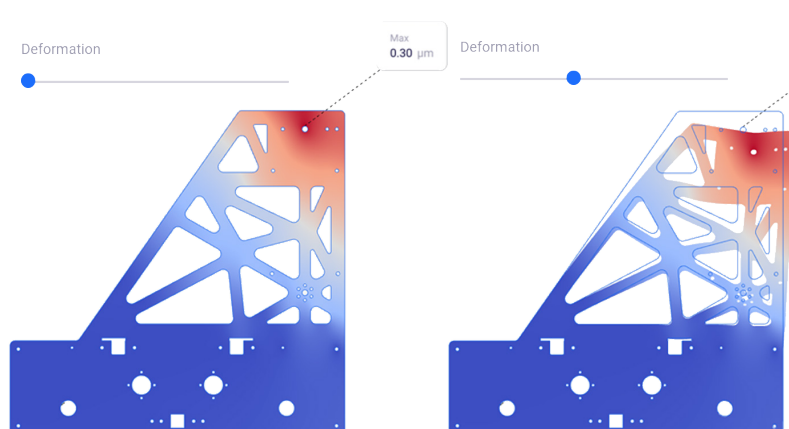
- Dorind un **centru de greutate** cât mai **apropiat de sol** și rigiditate în **punctele superioare**, am folosit un **model de reducere a greutateii** bazat pe **triunghiuri**, cea mai **stabilă formă geometrică**. Realizând un **calcul cu element finit** în **OnScale**, am observat faptul că un **ansamblu de triunghiuri de dimensiuni reduse** este mai eficient la dispersia **tensiunii** (**0.3μm** în comparație cu **3.65μm** sub acțiunea **greutății brațului de 16N**), decât un **triunghi mare**, deși salvează aproximativ **aceeași masă** (**883g** în cazul **modelului inițial**, comparativ cu **944g** al **modelului final**).

## Modelul inițial



- Forța aplicată** este **perpendiculară** pe gaura de **prindere a brațului** și este de **16N** (**greutatea brațului**).
- Tensiunea** este concentrată în partea superioară și dacă creștem forța putem observa o creștere a deformației, iar **tije nu mai sunt perpendiculare**.
- De asemenea **deformația maximă** este de **3.65μm**, lucru care, deși nu ne afectează, **poate fi îmbunătățit**.

## Modelul final



- Pentru modelul final am folosit mai multe **triunghiuri** cu rol de structură.
- Tensiunea** este mult mai bine dispersată.
- Deformația maximă a fost **îmbunătățită la 0.3μm**.



+

- Construcție rigidă
- Faptul că robotul este greu ne oferă o aderență mai mare

-

- Montaj dificil

### Date tehnice

#### • Centrul de greutate

- Pentru a calcula centrul de greutate al șasiului folosim formula generală:

$$G_x = \frac{\Sigma(m \cdot x)}{\Sigma(m)}$$

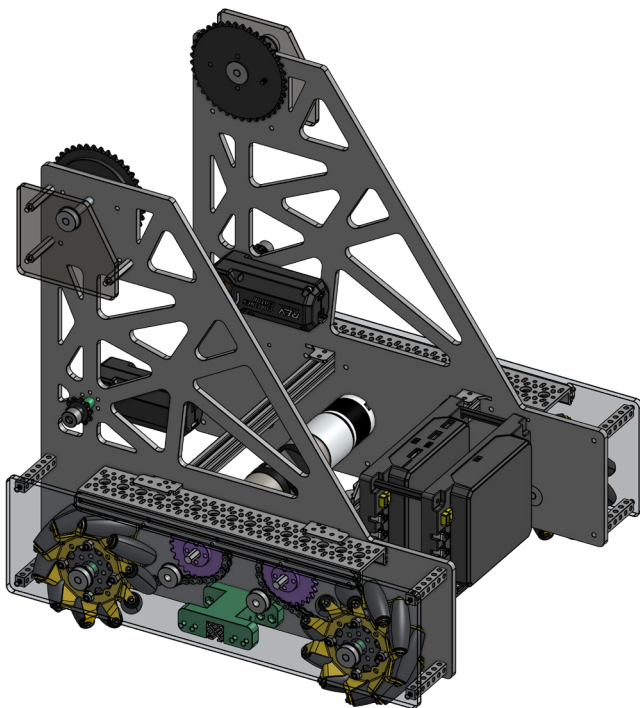
- Unde  $m$  este masa corpului și  $x$  poziția corpului în coordonata  $x$  față de centrul robotului (raza vectorie).

$$G_x = \frac{0.9449669 \cdot 229.5048 + 0.22415 \cdot 270.32748...}{0.9449669 + 0.22415382...} = 186.48903mm$$

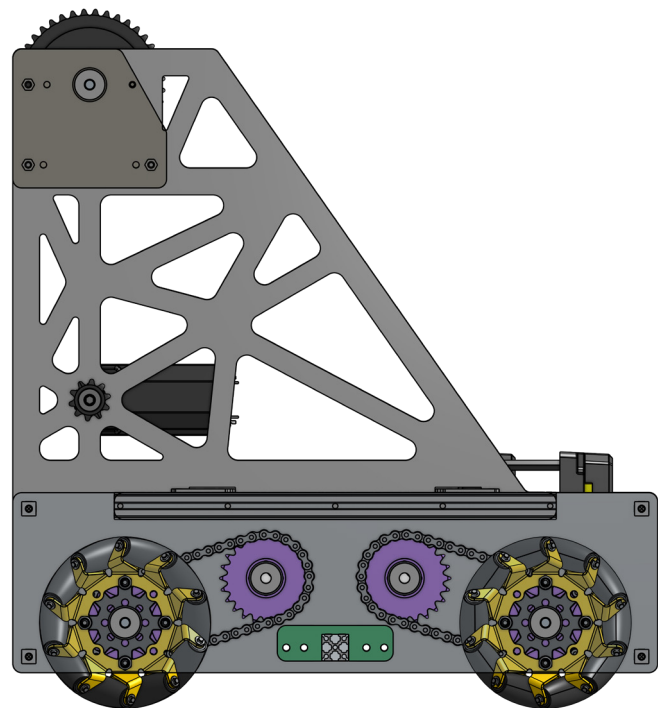
- Analog pentru  $y$  și  $z$ .

$$G_y = \frac{0.9449669 \cdot -154.32748 + 0.22415 \cdot -101.56085...}{0.9449669 + 0.22415382...} = -84.96235mm$$

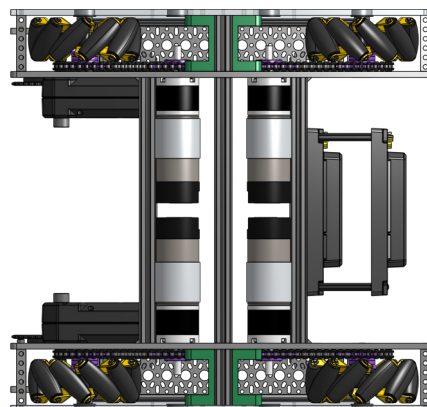
$$G_z = \frac{0.9449669 \cdot -54.76526 + 0.22415 \cdot -132.80961...}{0.9449669 + 0.22415382...} = 115.82752mm$$



Vedere din ansamblu



Vedere laterală



Vedere de jos

# ȘASIU MECANUM v2B.1

## Introducere

- Analizând performanțele șasiului în teren, am observat anumite **dezavantaje** ale conceptului actual precum **centrul de greutate înălțat**, dar și faptul că **pinioanele se desfac de pe axul motorului**, astfel pierzând funcționalitatea roții. De asemenea, materialul pinioanelor este unul slab, acest lucru provocând anumite abateri de la aliniament.

## Îmbunătățiri

- Am realizat o **protecție pentru Control Hub și Expansion Hub**, fiind o problemă majoră a iterației anterioare.
- Observând **fiabilitatea scăzută a pinioanelor din plastic**, am decis să le refacem din **aluminiu**, oferindu-le o **rezistență crescută** atât în timp, cât și la desfacerea pinioanelor de pe axul motorului.
- Având un centru de greutate înălțat, am decis să **modificăm placa exterioară** prin extinderea ei pentru a susține axul motorului pentru braț, astfel coborând centrul de greutate și rezolvând problema tensiunii din segmentul 1.
- De asemenea, **am mărit distanța dintre placa interioară și cea exterioară** și am întărit atașamentul pentru mecanum, astfel, rezolvând probleme cu aliniamentul, dar și ușurând major montajul.

## Analiză

- +
- Construcție rigidă
  - Centru de greutate foarte apropiat de sol - lucru ce îi conferă stabilitate robotului
  - Montaj simplu și consistent

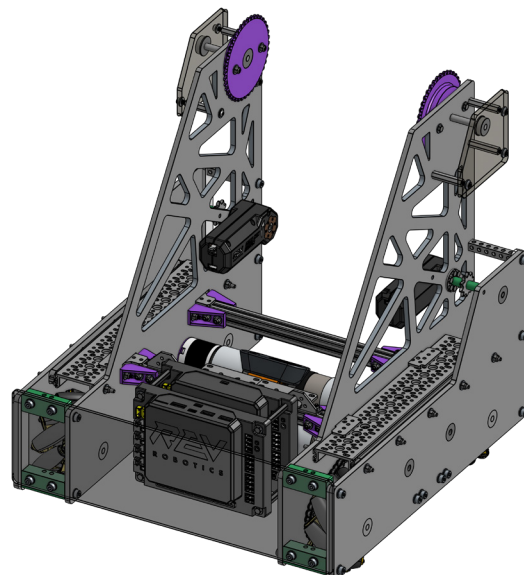
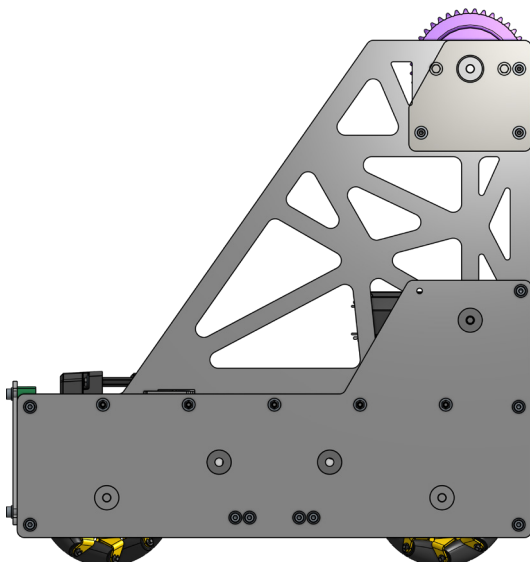
- 
- Greutate mai mare

## Date tehnice

$$G_x = \frac{0.9449669 \cdot 162.75952 + 0.59363404 \cdot 218.7591...}{0.9449669 + 0.59353404...} = 186.335mm$$

$$G_y = \frac{0.9449669 \cdot -4.43684 + 0.59363404 \cdot -21.06223...}{0.9449669 + 0.59353404...} = -82.81407mm$$

$$G_z = \frac{0.9449669 \cdot -54.734245 + 0.59363404 \cdot -118.483155...}{0.9449669 + 0.59353404...} = 113.969mm$$



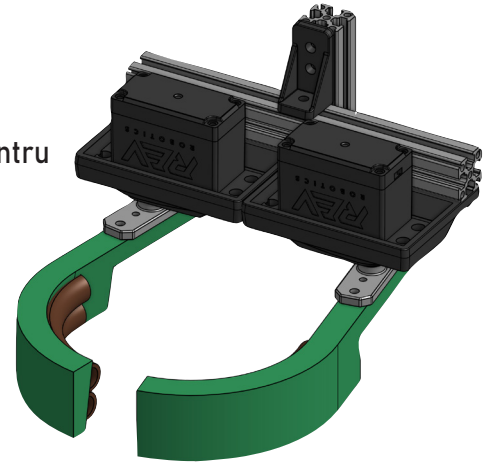
# GHEARĂ v1.0

## Introducere

- Pentru a salva timp, am decis să folosim cât mai puține piese pentru construirea acestui ansamblu.

## Îmbunătățiri

- Aceasta este realizată din 4 piese standard, 2 *REV Smart Robot Servo* și 2 palete proiectate și printate 3D, pentru o suprafață de contact cât mai bună.
- Gheara are o masă de **300g**.



+

- Număr redus de piese

-

- Necesită 2 servo-uri;
- Paletetele erau montate doar în servo.

# GHEARĂ v1.1

## Introducere

- Pornind de la conceptul de gheară de la *Kickathon*, am îmbunătățit-o prin utilizarea unui singur servo și rigidizarea construcției.

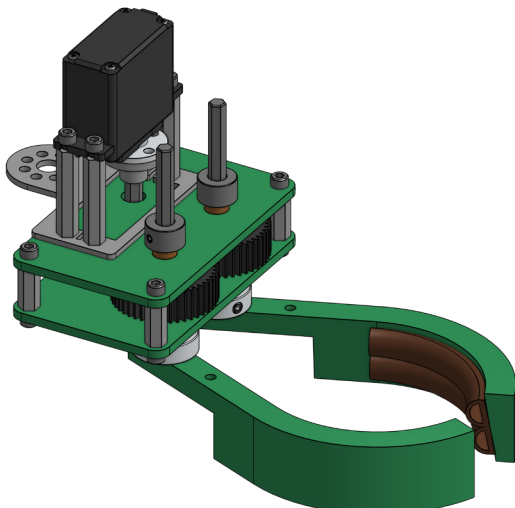
## Îmbunătățiri

- Am optat pentru folosirea roților dințate, astfel încât să putem utiliza un singur servo, ușurând programarea și crescând consistența acesteia.
- Gheara are o masă de **430g**.

## Analiză

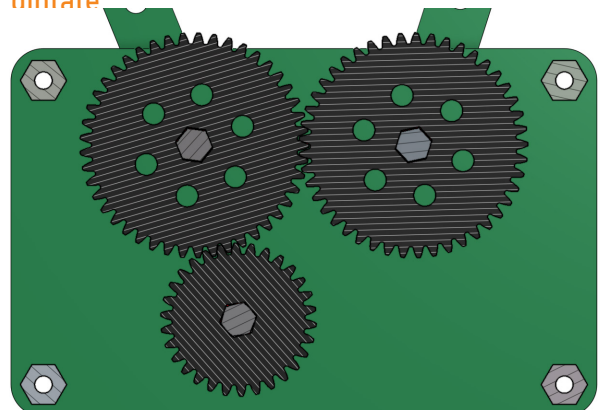
+

- Mecanism simplu și consistent
- Construcție rigidă datorită plăcilor de o parte și de alta a roților dințate



-

- Necesitatea folosirii unei a treia roți dințate pentru a centra servo-ul
- Suprafață mică de contact cu conul
- Foarte grea, exercitând mai mult tensiune pe motoare.
- Cleștii nu sunt aliniați perfect, din cauza roților dințate



# GHEARĂ v1.2

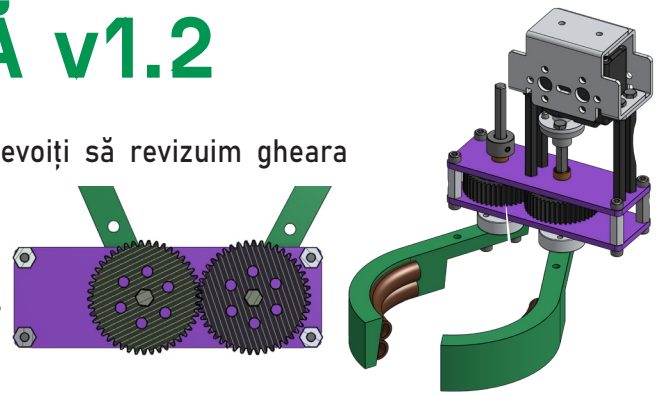
## Introducere

- Pentru a reuși să ne încadrăm în gabarit am fost nevoiți să revizuim gheara precedentă pentru a o îmbunătăți.

## Îmbunătățiri

- Am renunțat la al treilea pinion, astfel scurtând gheara.

## Analiză



+

- Mecanism simplu
- Construcție mai compactă
- Mai ușoară decât variantele anterioare

-

- Suprafață mică de contact cu conul

# GHEARĂ v2.0

## Introducere

- Având la bază conceptul de robot de *cycling* și dorind o gheară simetrică față-spate, am decis să încercăm un principiu nou, mai exact **gheara verticală**.

## Îmbunătățiri

- Folosindu-ne de o mișcare de rotație incompletă a unui *servo* reușim atât să închidem și să deschidem gheara, astfel eficiența ghearei fiind una mărită.
- Aceasta este compusă din 2 palete alungite ce permit trecerea conului printre ele în poziția de extensie și dintr-un sistem de menținere paralelă a ghearei.

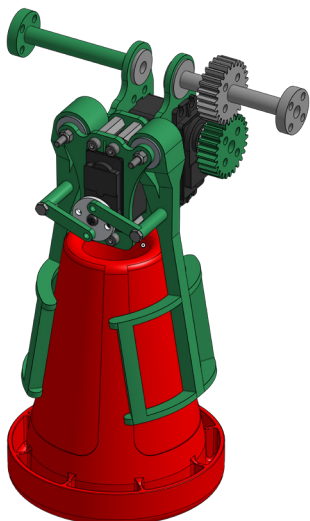
## Analiză

+

- Ușoară (270g)
- Apucare simetrică atât pe față, cât și pe spate

-

- Poziție dezavantajoasă a colectării
- Printarea complicată a paletelor



# GHEARĂ v3.0

## Introducere

- Pentru a facilita îmbunătățirea ghearei, am realizat un sistem modular pentru aceasta.

## Îmbunătățiri

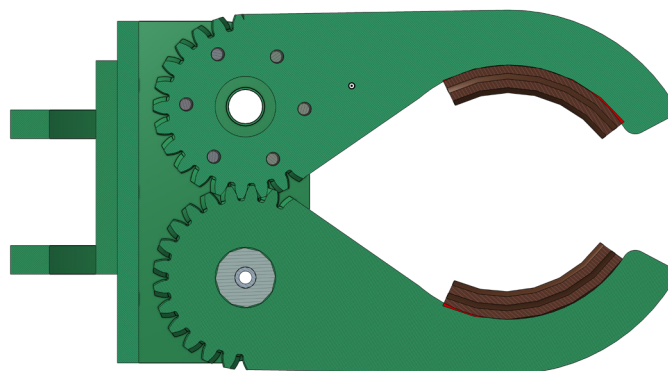
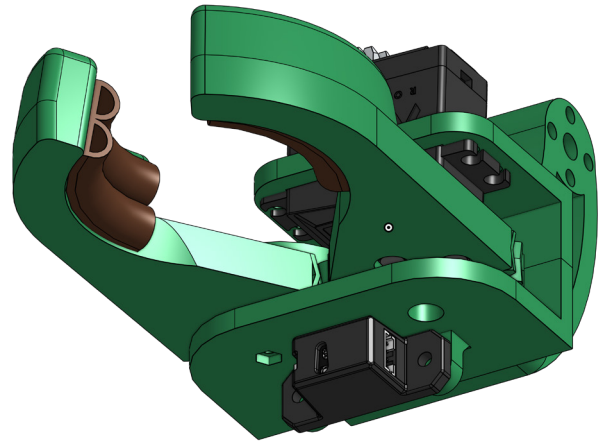
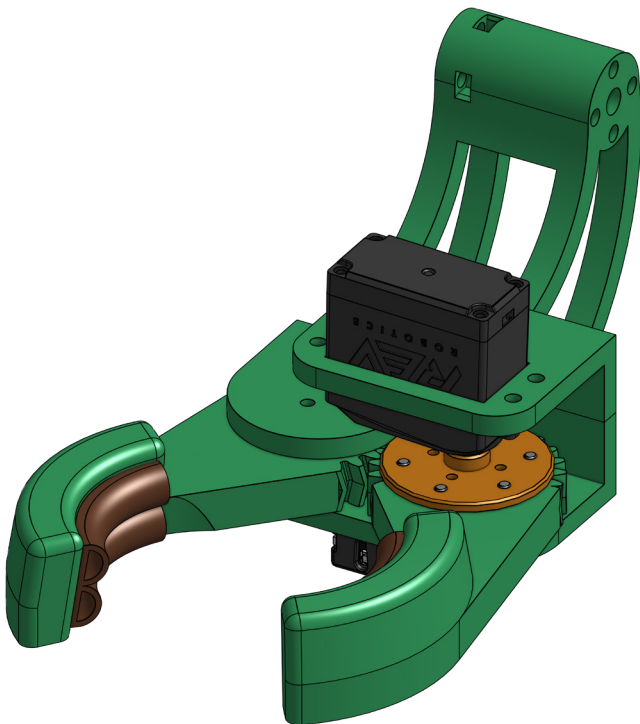
- Gheara este compusă din 5 module:
  - » Două palete
  - » Suport pentru palete
  - » Suport pentru *servo*
  - » Piesa pentru montarea pe braț.
- Ulterior, folosindu-ne de acest avantaj, am modificat suportul paletelor pentru a pune un **REV Color Sensor V3** care permite detecția unui con în poziție de colectare și **închiderea automată a ghearei**.

+

- Număr redus de piese
- Ușor de îmbunătățit
- Ușoară (250g)
- Compactă

-

- Atunci când se slăbește șurubul de la *servo*, pinioanele au șansa de a sări în timpul utilizării



# ROBOT v1.0

## Introducere

- Participând la **Kickathon** - eveniment organizat de **Quantum Robotics** în stilul unui **Hackathon**, unde am avut la dispoziție **16 ore** pentru a proiecta, construi și programa un robot imediat după aflarea misiunii acestui sezon - am reușit să ne clasăm pe **locul 3** între cele **19 echipe** participante.

## Concept

- Luând în considerare natura evenimentului, am folosit **cât mai puține piese printate 3D**, validându-ne ideile cât mai rapid cu piesele disponibile în kit-uri.
- Șasiul este compact, ușor de programat și construit**, fiind de tip **Tanc cu 6 roți (6 Wheeled Tank)**.
- Braț simplu** - un mecanism cu **4 bare în formă de paralelogram (Four-Bar Linkage)**.
- Singurele piese printate 3D** sunt cele prezente în mecanismul ghearei, fiind exact pe forma conurilor.

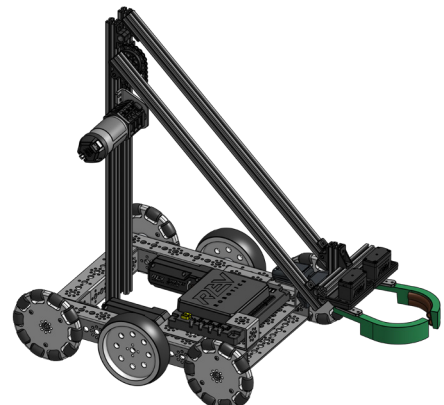
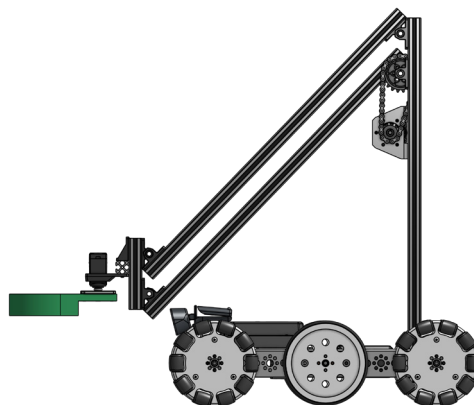
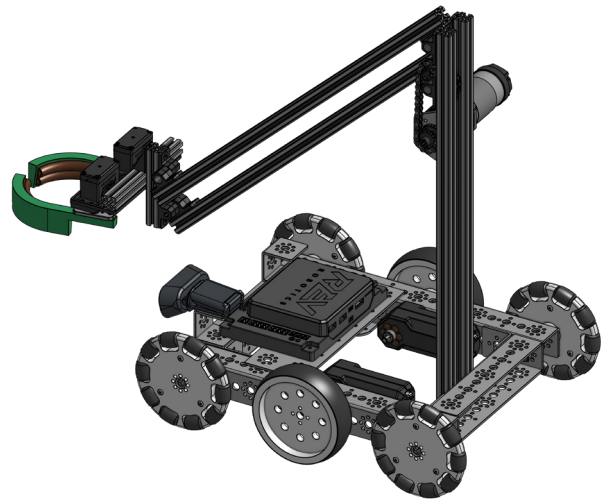
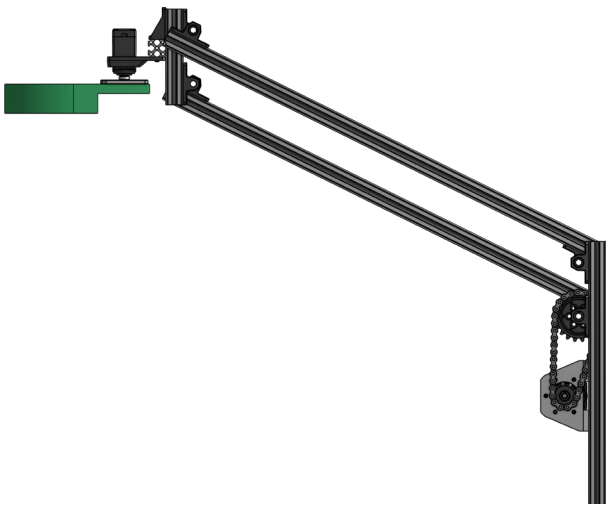
## Analiză

+

- Foarte compact - bază de 35.2 cm x 27.7 cm
- Ușor de programat
- Identificare fiabilă a cazului din Autonomie

-

- Nu poate puncta pe **High Junction**
- Nu este agil, folosind un șasiu tanc
- Motoarele folosite pe șasiu - **REV Core Hex** - nu sunt rapide (**125 RPM**)
- Lanțul de la braț sare cu ușurință



# ROBOT v1.1

## Introducere

- Robotul v1.0, de la *Kickathon*, a servit ca **element de pornire pentru recruți**, care au învățat bazele programării, proiectării și printării 3D exersând pe acesta.

## Concept

- Am lucrat la **rigidizarea robotului și îmbunătățirea fiabilității brațului**, care în v1.0 avea probleme cu săritul lanțului.
- Cei noi au venit cu **modificări de structură ale sistemului de ridicare**, înlocuind cele două bare ale versiunii v1.0 cu un lanț și realizând trecerea la un *Virtual Four-Bar*.
- A fost simplificată gheara, folosind **un singur servo** care acționează simultan ambele componente proiectate și printate 3D.

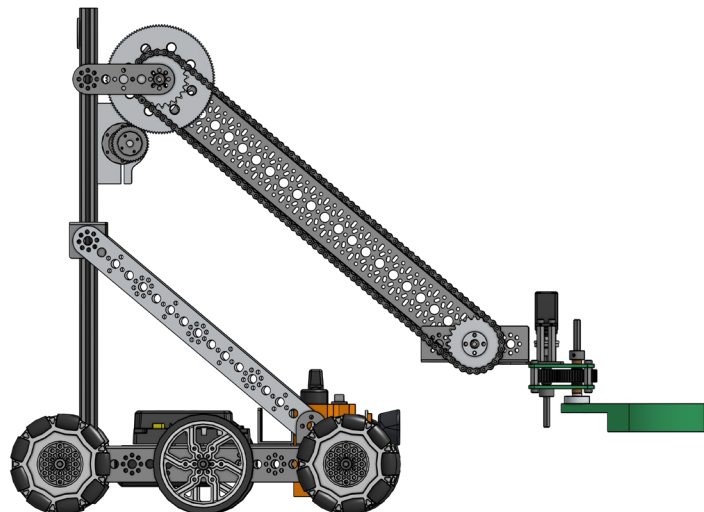
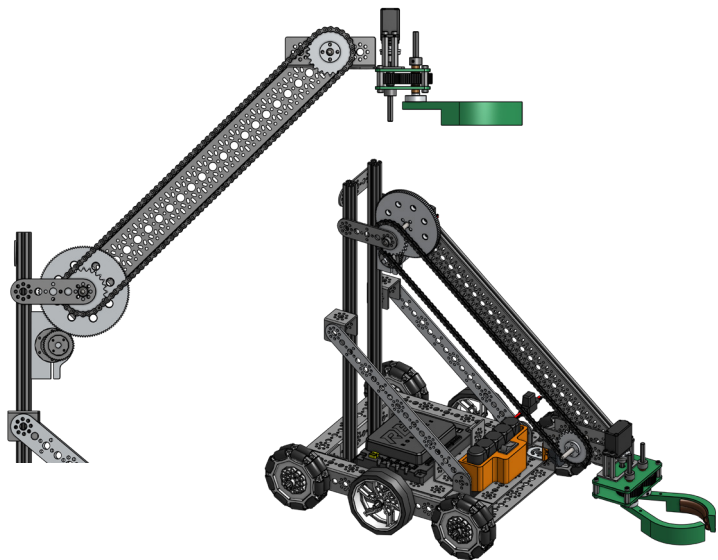
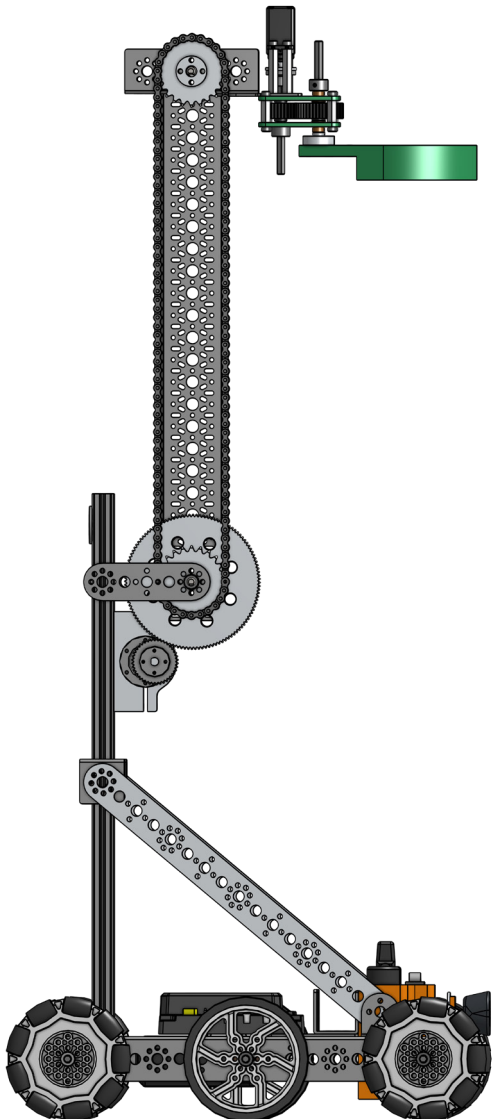
## Analiză

+

- Foarte compact - bază de 35.2 cm x 27.7 cm
- Ușor de programat
- Identificare fiabilă a cazului din Autonomie
- Mai rigid decât v1.0 datorită stabilizării brațului

-

- Nu poate puncta pe *High Junction*
- Nu este agil, folosind un șasiu tanc
- Motoarele folosite pe șasiu - *REV Core Hex* - nu sunt rapide (125 RPM)



# ROBOT v1.2

## Introducere

- Dorind să păstrăm un robot cu un șasiu de tip tanc ca și **variantă de back-up**, ne-am îndreptat atenția spre șasiu.

## Concept

- Ideea a pornit de la **necesitatea de a nu avea descoperite roțile**, aspect esențial pentru competiția în alianțe, unde **impactul dintre roboți** este inevitabil.
- Astfel, am adăugat **plăci de plexiglas de fiecare parte a roților** și am adăugat **rulmenți**, obținând un robot mult mai stabil și mai rezistent la șocuri mecanice.

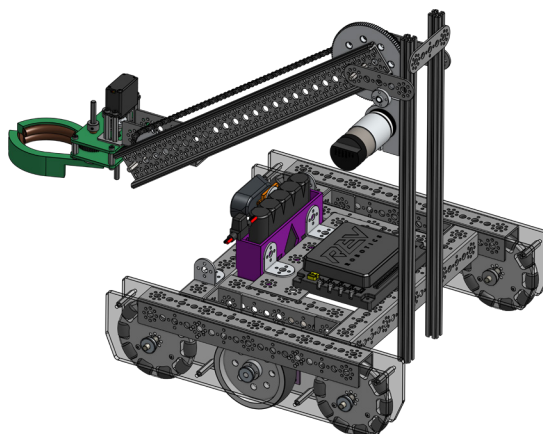
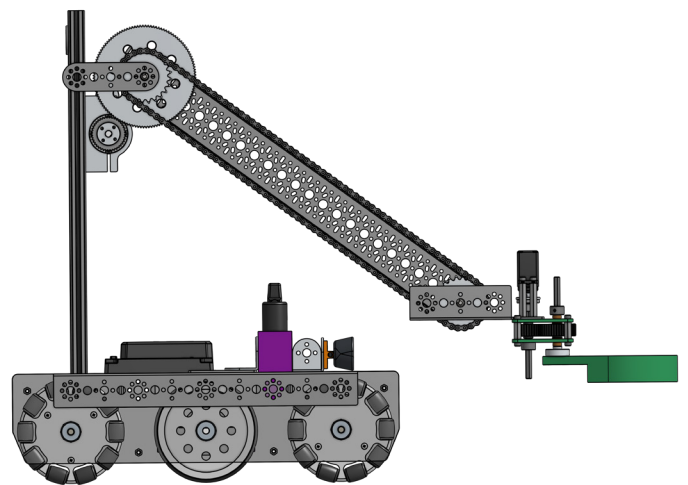
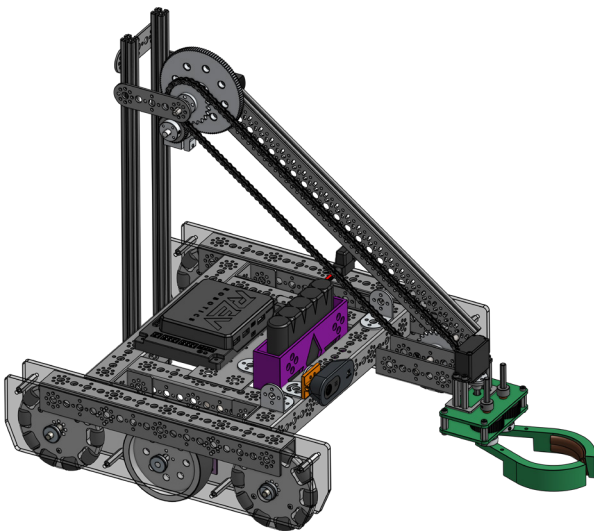
## Analiză

+

- Compact - bază de 36.6 cm x 37.2 cm
- Ușor de programat
- Identificare fiabilă a cazului din Autonomie
- Mai rigid decât V1.1 - șasiu mai rezistent la impact
- Rapid - motoarele *AndyMark NEVEREST 20:1* au 340 RPM

-

- Nu poate puncta pe *High Junction*
- Nu este agil, folosind un șasiu tanc





# ROBOT v1.3

## Introducere

- Având în vedere participarea echipei la DEMO-ul organizat de **BraveBots** și **HyperCube**, am decis să **modificăm brațul** pentru a ajunge la *High Junction*.

## Concept

- Pentru a ne atinge obiectivul, am pornit de la **ideea de extindere a brațului**, implementând un **ghidaj liniar (*Linear Slide*)** pentru segmentul cu gheară.
- Am proiectat și printat 3D o **cutie de viteze (*Gearbox*)** cu **raportul 3:1**, astfel încât am obținut cuplul necesar ridicării brațului.

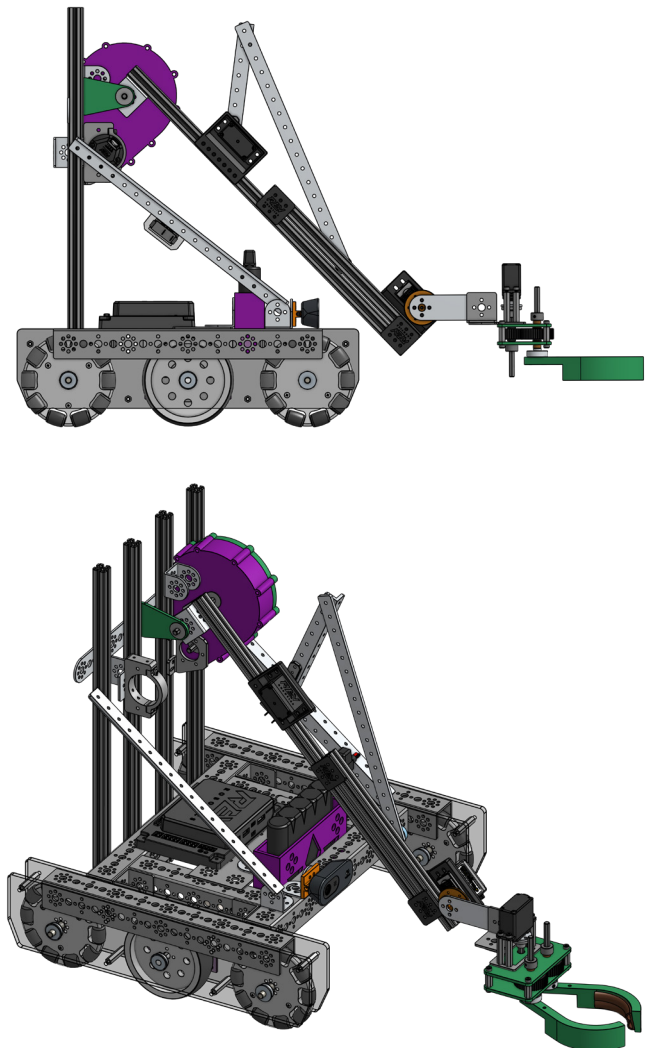
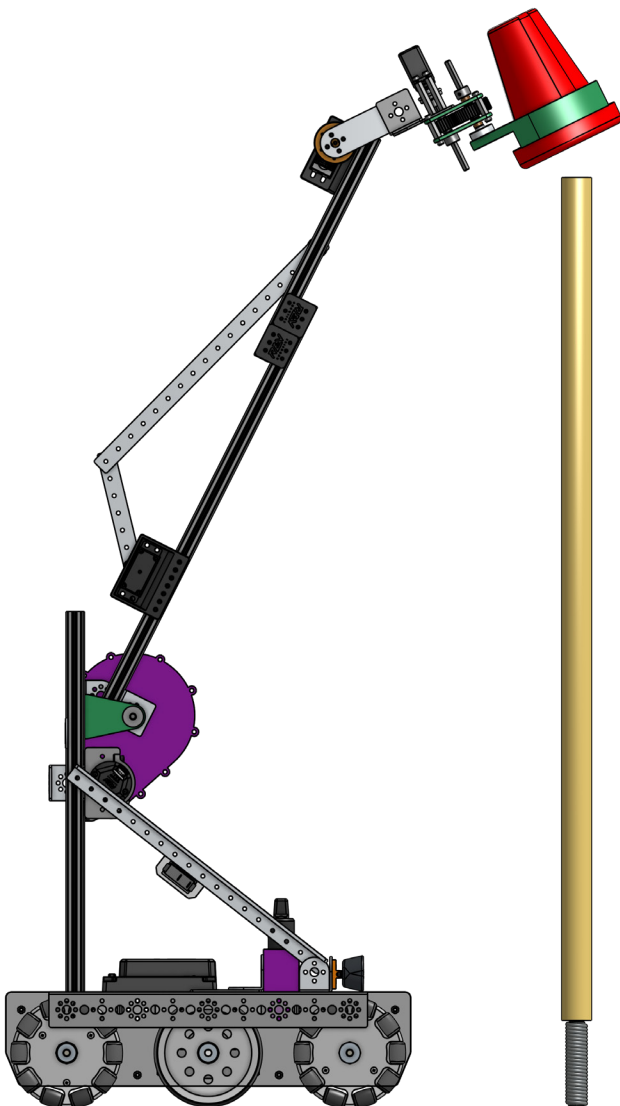
## Analiză

+

- Compact - bază de 36.6 cm x 37.2 cm
- Ușor de programat
- Identificare fiabilă a cazului din Autonomie
- Rapid - motoarele *AndyMark NEVEREST 20:1* au 340 RPM

-

- Nu este agil, folosind un șasiu tanc
- Servo*-ul folosit în acționarea *Linear Slide*-ului era suprasolicitat și predispus la uz prematur



# ROBOT v2B.0

## Introducere

- Având la bază noul design de șasiu agil și îngust, pe bază de lanț, am dezvoltat un braț de tip **Double Reverse Virtual Four-Bar**, astfel ajungând la un robot fiabil și precis, ce poate puncta pe toate tipurile de *Junction*.

## Concept

- Am decis să încercăm un braț foarte stabil și simplu ca funcționare, și anume un sistem de ridicare **Double Reversed Virtual Four-Bar**, folosindu-ne de lanț ca principal mijloc de transmisie.
- Brațul nostru este alcătuit din 2 segmente de **Virtual Four-Bar**. Primul segment se folosește de un raport de 1:2 pentru a maximiza înălțimea la care ajunge brațul, unghiul format de cele 2 palete, fiind dublul unghiului format de primul segment cu solul - când segmentul 1 formează unghiul de 90° cu solul, unghiul dintre segmente este de 180°, adică înălțimea maximă. Al doilea segment se folosește de un raport de 2:1, astfel anulând efectele primului raport și **menținând continuu gheara paralelă cu solul**.

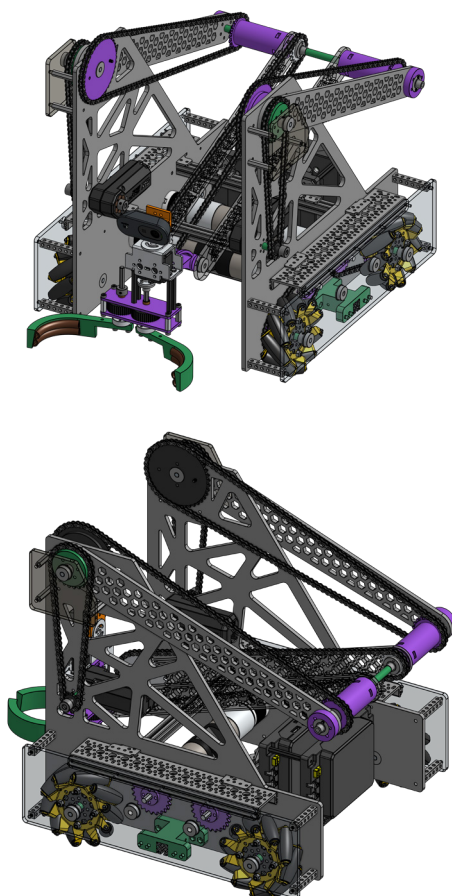
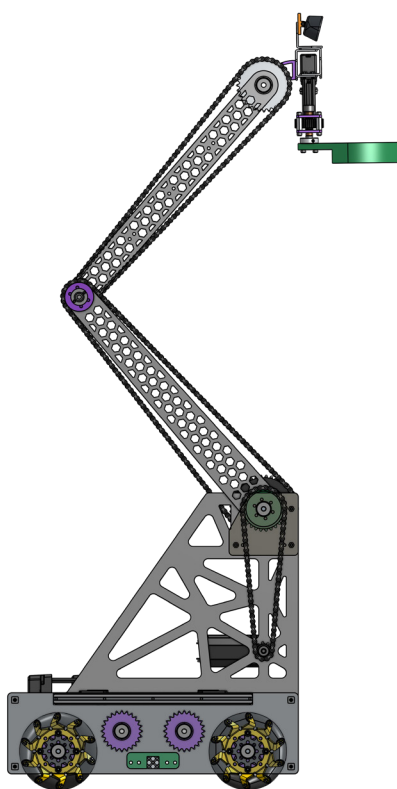
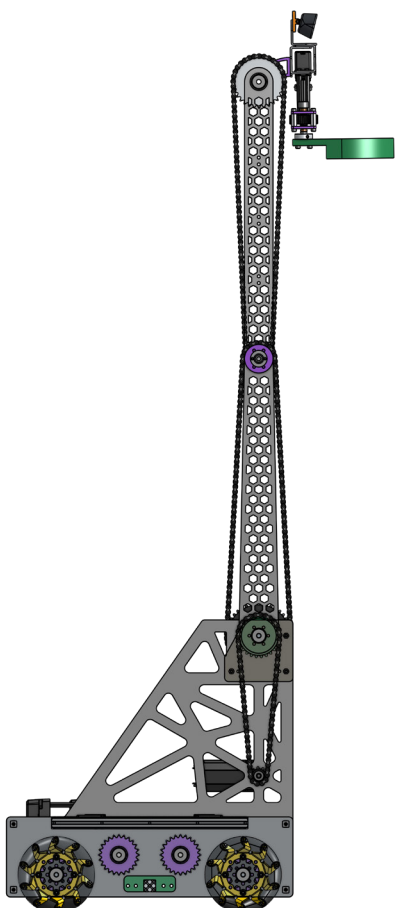
## Analiză

+

- Mișcarea brațului este foarte simplă, aceasta fiind strict verticală
- Brațul este rapid
- Gheara paralelă cu solul în orice punct al mișcării
- Șasiu agil - folosește roți mecanum și motoare *AndyMark Neverest 20:1* care au **340 RPM**
- Construcție robustă, rezistentă la impact, datorită plăcilor debitate din aluminiu.

-

- Brațul nu este ținut de către motoare atunci când nu au curent
- Segmentul al doilea este instabil, mai ales în momentul extensiei maxime spre *High Junction*
- Gheară cu suprafață mică de contact asupra conului, ce mărește riscul de a scăpa conurile
- Lipsa protecțiilor pentru lanț, ce constituie un pericol de accident
- Control Hub* și *Expansion Hub* expuse la șocuri
- Lanțul nu este tensionat



# ROBOT v2B.1

## Introducere

- Analizând performanțele robotului precedent la *How To Win DEMO*, am observat anumite limitări ale sistemelor, precum:
  - » **Vizibilitatea redusă** a conului din poziția de colectare, rezultând o apucare ineficientă și inconsistentă a conului de către *driveri*.
  - » **Suprafața mică de contact** (8.2cm<sup>2</sup>) a ghearei cu conul, ceea ce conduce la o **prindere inconsistentă**.
  - » Segmentul 2 este extrem de instabil, întrucât este realizat din policarbonat (material moale) și nu are susținere.
  - » Existența unor jocuri față-spate ale brațului, provocate de lipsa tensiunii din lanțul care acționează segmentul 1.
  - » **Montarea roților este dificilă**.
  - » **Control Hub-ul și Expansion Hub-ul sunt expuse la impact**.

## Concept - rezolvări

- Pentru a ne asigura apucarea eficientă și fiabilă a conurilor am adăugat un **senzor de culoare (REV Color Sensor V3)** care detectează când conul este în poziția corectă, astfel **procesul de colectare fiind asistat**.
- Gheara a fost regândită**, astfel paletele au o suprafață de contact mai mare (11.5cm<sup>2</sup>).
- Pentru a elimina instabilitatea segmentului 2, am adăugat un **element de susținere între plăcile din policarbonat ale brațului** care reduce flexiunea acestora.
- Am adăugat un **al doilea punct de susținere a axului de la angrenarea segmentului 1**, astfel tensionând lanțul și reducând jocul la minim.
- Am acoperit lanțul la fiecare capăt**, astfel imobilizându-l în situația în care sare.
- Aliniamentul roților fiind unul deficitar, am ales să **mărim distanța între placa interioară și cea exterioară**, astfel roțile rotindu-se mult mai ușor din cauza reducerii presiunii exercitată asupra lor.
- Am atașat o placă de protecție, în partea posterioară a șasiului, a *Control Hub-ul și Expansion Hub-ul* fiind protejate.

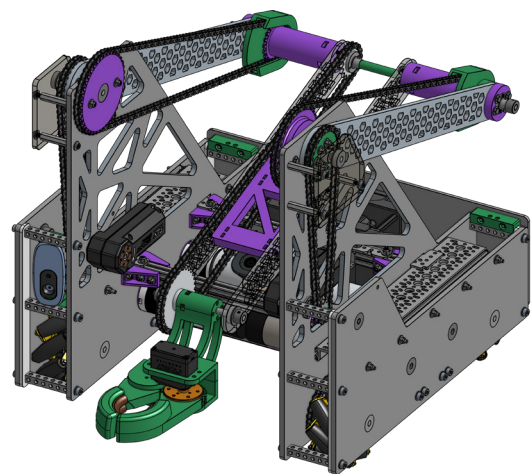
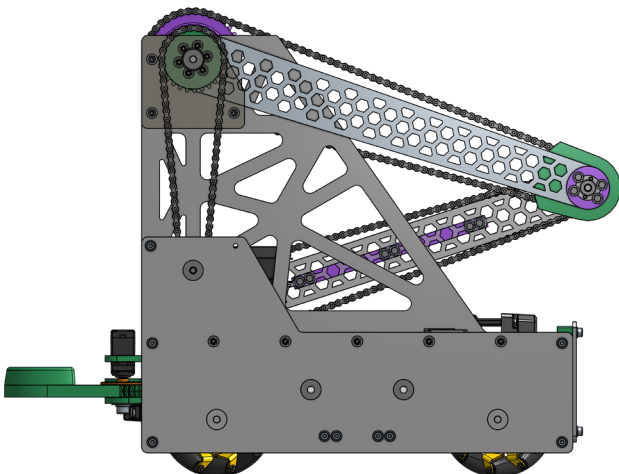
## Analiză

+

- Șasiul este mult mai consistent, datorită măririi distanței dintre plăci, permițând roților să se miște mai liber
- Brațul este extrem de stabil, permițând punctarea consistentă
- Procesul de colectare este unul automat, eficient și rapid.

-

- Folosirea rulmenților radiali cu bilă asupra axului hexagonal nu este ideal



# AUTONOMIE

## - RoadRunner -

### Introducere

- Până în acest sezon, am folosit diferite funcții de mișcare cu ajutorul cărora ne puteam deplasa doar lateral și roți, fără a realiza alte trasee mai complexe sau acțiuni simultane.

### Scop

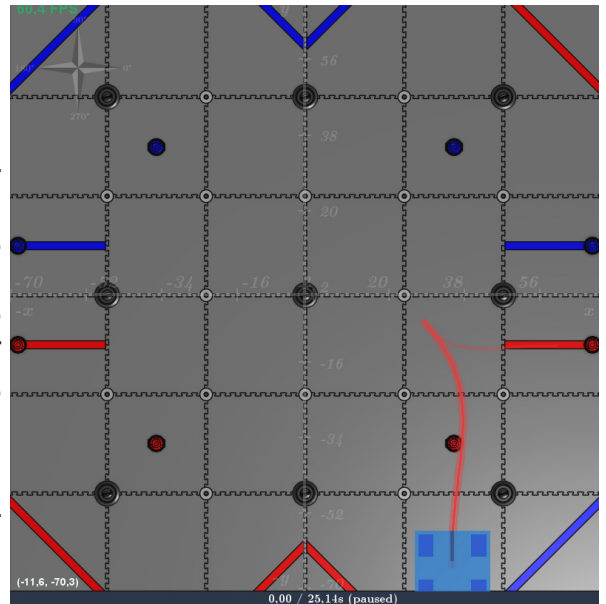
- În acest sezon ne-am decis să folosim un ansamblu de traiectorii cu ajutorul cărora să reușim să ne **mărim punctajul** acumulat pe parcursul perioadei de **Autonomie**.
- Acest lucru s-a putut realiza prin implementarea unui algoritm numit **RoadRunner**.

### Concept

- Algoritmul se bazează pe crearea unor traiectorii cu puncte fixe de plecare și sosire predeterminate pe un sistem de coordonate XOY.
- De asemenea, pentru ca robotul să urmărească cât mai precis traseele concepute, se folosesc trei bucle de control PIDF:
  - » *Motor Velocity PIDF*
  - » *Translational PIDF*
  - » *Heading PIDF*
- **Observația 1:** Pentru calibrarea cât mai facilă a acestora, am reușit să implementăm pentru prima dată un concept numit **Dashboard**, care ne permite să schimbăm date pe *Control Hub* în timp real.
- **Observația 2:** Am realizat că dacă ridicăm brațul în timpul deplasării este mult mai eficient decât să-l ridicăm în fața **High Junction**-ului.

### Metodă de implementare

- Am decis că cea mai bună metodă de ridicare a brațului în același timp cu efectuarea traseelor este implementarea unui **Finite State Machine (FSM)**.
- **FSM** reprezintă un mod de programare în care robotul ciclează între mai multe stări. Acesta își schimbă starea odată ce a terminat o traiectorie și începe un alt set de acțiuni.
- Implementare:
  - » **Pasul 1** este calibrarea celor 3 bucle de control, unde **Dashboard-ul** ne permite să schimbăm indicii de la PIDF în timp real fără nevoia de a mai instala ceva nou pe *Control Hub*.
  - » **Pasul 2** este desenarea traiectoriilor cu ajutorul unui program numit **MeepMeep**, care ne simulează traseul robotului.
  - » **Pasul 3** reprezintă implementarea **FSM**-ului:
- După ce declarăm traiectoria, în loc să folosim **Simularea unor traiectorii în MeepMeep** funcția de urmărire a traiectoriei (*followTrajectory*), vom folosi funcția asincronă de urmărire a traiectoriei (*followTrajectoryAsync*).
- **Observația 3:** Pentru ridicarea brațului avem nevoie de o buclă de control PIDF, deci vom realiza Autonomia într-un **loop**.
- După toate acestea am realizat că autonomia nu este fiabilă cu punctatul conurilor, deoarece nu avem roți de odometrie (**dead wheels**). Din aceasta cauză roțile mecanum pot aluneca și algoritmul nu realizează că robotul nu este în poziția în care programul crede că este.
- Soluția găsită de noi a fost alinierea la **High Junction** cu ajutorul unei camere web - **Camera Normalization** - și utilizarea unui senzor de distanță.



# SENZOR ULTRASONIC

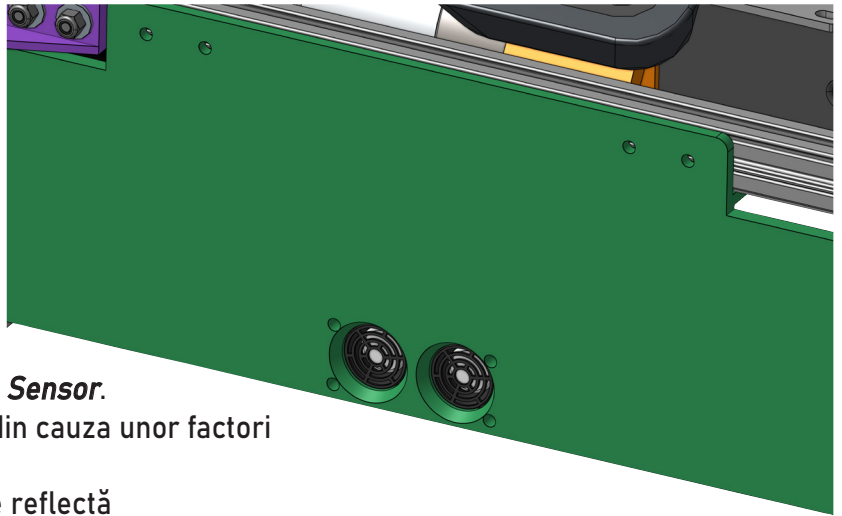
- URM09 Analog Ultrasonic Sensor -

## Introducere

- Folosind doar *encoderile* din motoarele de mișcare, am observat că **Autonomia este extrem de inconsistentă**, întrucât roțile mecanum alunecă pe *tile*-uri, astfel pierzând poziția exactă a robotului.

## Concept

- Pentru a reduce impactul alunecării roților, am decis să utilizăm un senzor de distanță pe bază de laser **REV 2m Distance Sensor**. După mai multe teste, am ales înlocuirea, din cauza unor factori externi precum:
  - » imperfecțiunea suprafețelor pe care se reflectă
  - » perimetrul format din plăci transparente, care permit luminii să treacă prin ele.
- Cea mai bună alternativă** pentru senzorul de distanță pe bază de laser este un **senzor ultrasonic**, ce transmite unde și măsoară exact în cât timp se întorc, astfel determinând distanța.  $d = c \cdot \Delta t$



# PIDF

- bucle de control care stabilizează întreg ansamblul -

## În ce constă un algoritm PID?

**PIDF Controller** este o buclă de control care acționează în funcție de valorile furnizate de sistem, aplicând o corecție bazată pe termeni proporționali, integrali și derivați, de unde și numele. Acestora li se adaugă un termen corespunzător sistemului, în general, *feedforward*. Simplu, acesta aplică o corecție precisă, corespunzătoare erorii.

## Parametri:

- Setpoint (SP)** - valoarea dorită
- Process Variable (PV)** - valoarea returnată de sistem
- $K_p$  - coeficientul proporțional
- $K_i$  - coeficientul integralei
- $K_d$  - coeficientul derivatei
- $K_f$  - coeficientul *feedforward*.

## Formulă generală:

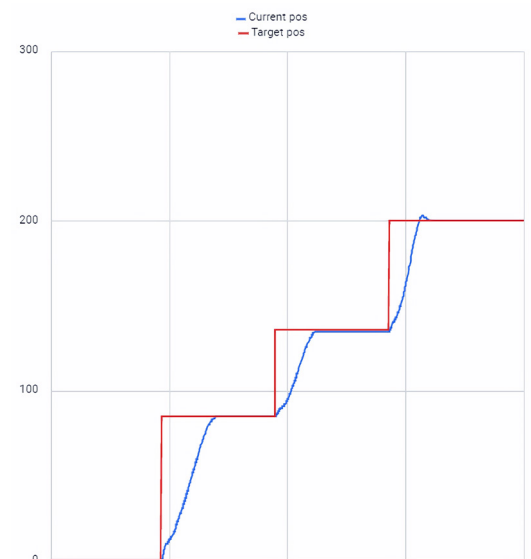
$$\text{corecție} = K_p * \text{Eroare} + K_i * \text{SumEroare} + K_d * (\text{Eroare} - \text{ultEroare}) + K_f * \text{ValSist}$$

unde

- » **Eroare** - diferența dintre valoarea citită și cea dorită
- » **sumErori** - suma tuturor erorilor
- » **ultEroare** - eroarea precedentă
- » **ValSist** - variabilă specifică sistemului.

**Observația 1:** În funcție de sistemul pentru care este utilizată, această buclă de control folosește doar anumiți termeni. Astfel, în industrie, este foarte des întâlnit un **PD Controller**.

**Observația 2:** Pentru robotul nostru, folosim un termen **feedforward** pentru menținerea nivelului brațului. Astfel, folosim unghiul returnat de sistem conform formulei de la pag. 12, aplicând funcția trigonometrică sinus.



Graficul mișcării brațului în Dashboard

# CAMERA NORMALIZATION

- folosind *OpenCv* -

- Pe parcursul Autonomiei folosim 2 camere. Prima, mereu în modul **POLE**, este poziționată sub braț și îndreptată în sus pentru a elimina riscul detecției altor *Junction*-uri, iar cea de-a doua variază între 2 moduri: **SLEEVE**, **STACK**. Cât timp camera este în modul **SLEEVE**, robotul recunoaște cazul de parcare în care va trebui să meargă la finalul Autonomiei, iar când aceasta este în modul **POLE** va desena contururile tuturor obiectelor galbene pe care camera le vede, obținând coordonatele lor. Modul **STACK** reprezintă recunoașterea și alinierea la conurile prezente în *Cone Stack* într-o manieră analoagă modului **POLE**.
- Observația 4:** Algoritmul este gândit încât să excludă automat contururile mai mici pentru a mări eficiența acestuia.
- După ce a luat în calcul toate contururile le va compara între ele până la găsirea ariei maxime pe care o vede. În urma acestui proces, va lua centrul ariei determinate și îl va duce în mijlocul *stream*-ului.
- Pentru a duce robotul perfect pe *pole*, folosim o buclă de control PID de la mijlocul ariei la centrul ecranului, care este prestabilit.

## FIELD CENTRIC DRIVE

### Introducere

- Pentru a ușura navigația printre *Junction*-uri, am implementat un algoritm de tip **Field Centric Drive**.

### Concept

- Controlul robotului asemănător jocurilor video - indiferent de rotație, robotul să se deplaseze în direcția *joystick*-ului - utilizând senzorul giroscopic integrat al *Control Hub*-ului (**IMU**) și noțiuni de trigonometrie.

### Implementare

- Calculăm unghiul absolut (**absAngle**) necesar deplasării robotului prin diferența unghiului *joystick*-ului și unghiului citit senzorul giroscopic.
- Observația 1:** *Driverii* pot reseta poziția (unghiul) în relație cu care se va realiza deplasarea din *controller*.
- Descompunem unghiul obținut pe axele OX și OY în:
  - » **front** =  $\sin(\text{absAngle})$
  - » **right** =  $\cos(\text{absAngle})$
- Calculăm puterea deplasării (**headingPower**) cu formula lui Pitagora aplicată în triunghiul ce are catetele abscisa și ordonata poziției *joystick*-ului.
- Rotația (**rotation**) este dată de mișcarea pe axa OX a celui alt *joystick* de pe controller.
- Observația 2:** În timpul testelor am observat că rotația obținută din *joystick* este prea puternică și sunt dificile mișcările fine. Astfel, înmulțim valoarea citită cu o constantă subunitară pentru o rotație mai ușor controlabilă.
- Observația 3:** Asemănător, în funcție de nevoi, putem înmulți puterea calculată cu o constantă (**MAX\_POWER**) subunitară, pentru o mișcare mai lentă, sau egală cu 1, în cazul în care nu dorim restricționarea controlului.

### Formulă generală

$$\text{motorPower} = ((\text{front} \pm \text{right}) * \text{headingPower} \pm \text{rotation}) * \text{MAX\_POWER}$$

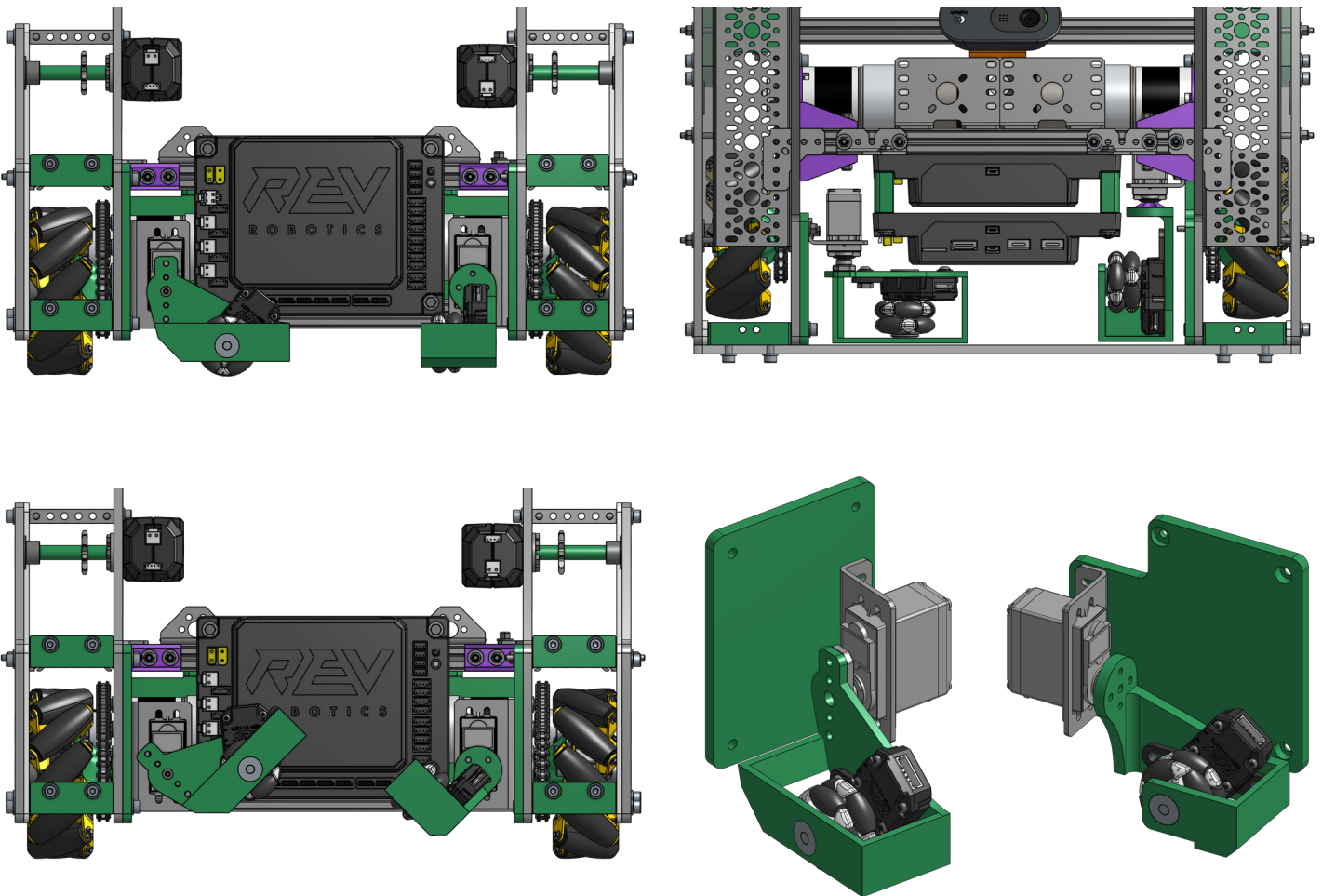
\*semnele se stabilesc în funcție de motorul căreia *i* se va aplica puterea calculată

# NEXT STEPS

## - Odometrie -

### Sistem pentru odometrie

- Odometria reprezintă utilizarea senzorilor de pe robot pentru a-i putea estima poziția pe teren în orice moment. În *FIRST® Tech Challenge* întâlnim mai multe modalități de implementare, care utilizează **dead wheels** - roți omnidirecționale conectate la *encodere*, aflate mereu în contact cu solul:
  - » 2 *dead wheels* perpendiculare și un senzor giroscopic
  - » 3 *dead wheels* - 2 paralele și una perpendiculară.
- Am ales prima implementare, proiectând 2 **odopods** - alcătuite dintr-un **Through Bore Encoder** și o roată omnidirecțională **Rotacaster 35mm** - și folosind senzorul giroscopic **IMU** prezent în **Control HUB**.
- Mulțumim enorm echipei **TehnoZ** pentru împrumutul roților **Rotacaster 35mm!**
- Am realizat o **primă iterație a sistemului de odometrie**, proiectând două **odopods**. Dorind să nu modificăm pripit robotul, am decis testarea acestora după finalizarea Etapei Naționale.



### Îmbunătățiri pentru perioada de control

- Pentru a facilita controlul robotului de către *driveri*, ne dorim să punem realizăm o **iluminare cu LED-uri** care să semnaleze când robotul este într-o **stare ideală pentru lăsarea conului pe Junction**, utilizând senzorul de distanță prezent pe robot, senzorul de culoare și informațiile furnizate de motoarele care acționează brațul.
- Totodată, prin utilizarea unor noi *gamepad-uri* (**Sony Dualshock 4**), putem folosi modul de **rumble**, generând vibrația *controller-ului* analog implementării LED-urilor.

### Ghidaj pentru Junction

- Pentru a ne îmbunătăți atât perioada de Autonomie, cât și cea de control, dorim să realizăm un ghidaj pentru **Junction**, util în momentul punctării conurilor.

