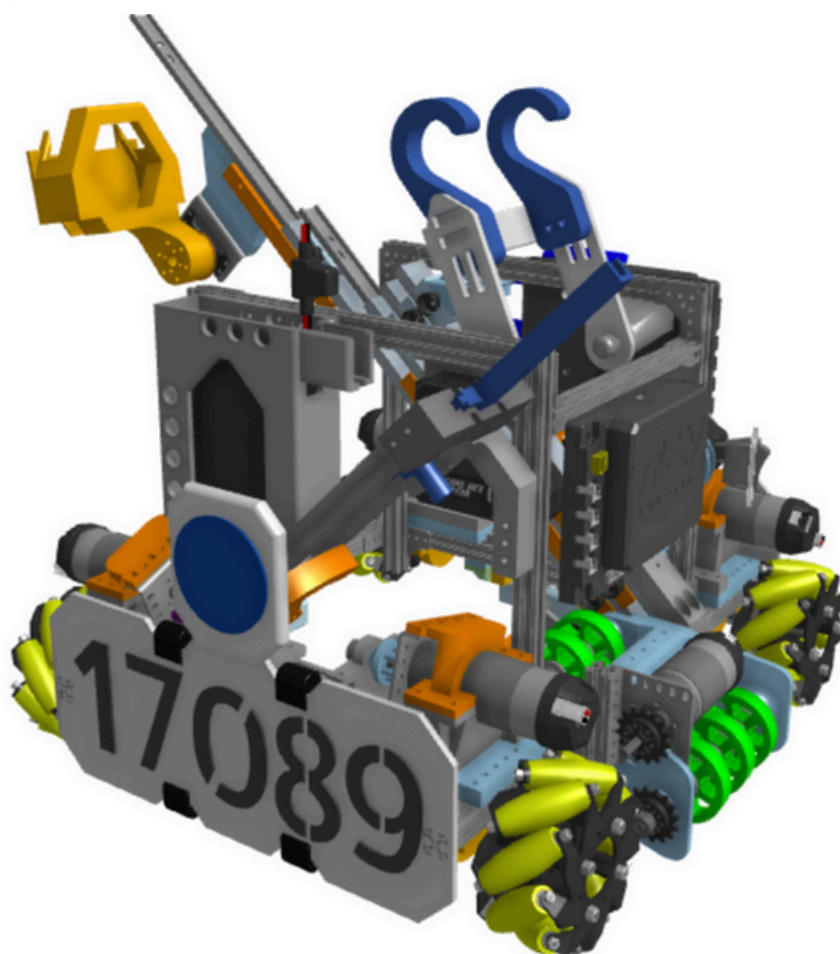




POWERED BY

Redstone



OBSAH

1. Náš tým	2
2. Engineering	
a. Úvod.....	4
b. DriveTrain + Odometrie.....	5
c. Držák telefonu + Sideplaty....	7
d. Sbírání a pokládání pixelů.....	8
e. Vlačstovky.....	11
f. Zavěšování.....	12
3. Programming	
a. Úvod.....	13
b. Odometrie.....	14
c. Driver OPmode.....	15
d. OpenCV.....	16
e. Autonomous Mode.....	16

17089

engineering portfolio

2023/2024



Open
Gate
School



CENTERS STAGE

PRESENTED BY RTX

1. NAS TYM

Jsme jedineční v tom, že jsme tým založený na studentech. Naším jediným mentorem pro tuto sezónu byl pan Lessner, učitel informatiky na naší škole, který nám poskytoval své názory (někdy nás spíše "trolloval" nehoráznými nápady - což nám alespoň pomohlo přemýšlet mimo rámec), ale do procesu návrhu robota nijak výrazně nezasahoval. To je to, čeho si na našem týmu vážím nejvíce, protože veškerou práci dělají výhradně středoškolsí studenti - což poskytuje maximální možnosti pro zlepšování.

DANIEL LESSNER



Jmenuji se Dr. Lessner a jsem mentorem týmu. Na naší škole učím informatiku, a proto jsem pro tuto roli nejvhodnější osobou. Mám z toho velkou radost, protože se i já mohu hodně naučit a baví mě sledovat a podporovat vývoj. Zatímco ostatní členové týmu se postupně zdokonalují v inženýrských a programátorských dovednostech, já mohu přispívat na vyšší úrovni. Pomáhám jim, aby se neutápěli v detailech, udržuji je soustředěné na konečný cíl, připomínám jim, aby se vyspali a nezanedbávali školní povinnosti. A občas je upozorním na možná vylepšení návrhu, která možná přehlédli, ale to je stále vzácnější.

DANIEL STRNAD

Jsem Daniel, 17letý vedoucí týmu. Zábavné na našem týmu je, že letos jsem byl já (a druhý Daniel - náš učitel) jediný, kdo měl zkušenosti s účastí v soutěži FTC. To vedlo k několika výzvám, ale vynaložili jsme maximální úsilí a doufám, že náš tým podle toho uspěje.

Rád bych se i nadále věnoval procesu inženýrského navrhování, pro který jsem díky robotice získal zálibu, jako letecký inženýr. Na inženýrství si vážím toho, že je to v podstatě profesionální tvůrčí řešení problémů.



TOMAS JIRMANN



Jmenuji se Tomáš. Je mi 18 let a jsem z Prahy. K týmu OG Powered by Redstone jsem se připojil v roce 2021. Jsem součástí inženýrské sekce našeho týmu a letos jsem zodpovědný především za návrh našeho hnacího ústrojí. O robotiku jsem se začal zajímat, protože jsem jako menší trávil hodně času s legem a počítačem. Původně jsem zkoušel programovat, ale nebavilo mě to tolik jako navrhování a konstruování fyzických částí robota.

ROSTISLAV JANOVSKEJ

Jmenuji se Rosta. Je mi 17 let a jsem členem inženýrské sekce. Rád vymýšlím zajímavé a efektivní konstrukce a řeším různé problémy. Letos jsem vytvořil několik vlastních návrhů, ale také jsem se na mnoha podílel. Jedním z mých největších projektů byl pohon, na kterém jsem pracoval s Tomášem. Jsem rád, že jsem na návrzích mohl spolupracovat s naším vedoucím Danem, který jich udělal většinu, nebo s některými absolventy naší školy, kteří přišli s nápadem na nový pohon. Je příjemné sledovat pokroky našeho týmu a výsledek - vlastního snad funkčního robota.



JAN HRUBEC



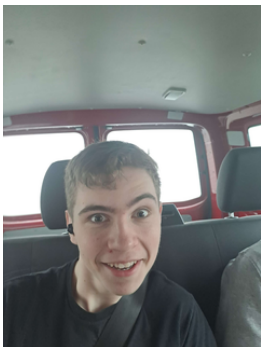
Jmenuji se Jenda a k týmu jsem se připojil na začátku tohoto školního roku. Jsem součástí programátorského týmu a konkrétně jsem pracoval na driver opmodu, odometrii a opencv. S programováním jsem začal asi před pěti lety v Unity a od té doby jsem vyzkoušel téměř všechny další oblasti programování, ale kromě několika malých projektů s arduinem a raspberry pi mi bylo programování robotů poměrně cizí. Přesto mě to velmi bavilo a chci se v oblasti robotiky učit dál.

ERNEST LEVKOVIC

Jsem Ernest, programátor v týmu Powered by Redstone. Připojil jsem se na začátku letošní sezóny a podílel jsem se hlavně na sledování polohy pomocí odometrie a na autonomním režimu robota. Programování mě fascinuje už dlouho a většinou jsem pracoval s Node.js, Godotem a nízkoúrovňovým programováním na mikrokontrolérech arduino, ale chtěl jsem se posunout o krok dál a pracovat na větším robotovi. Zatím je tato cesta velmi zajímavá a těším se na další sezóny!



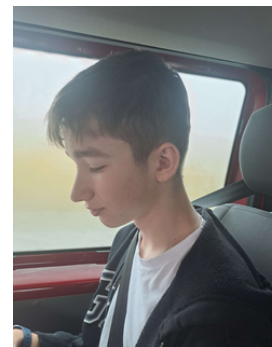
CHRISTIAN STUMPF



Ahoj, Jmenuji se Christian, je mi 15 let a jsem součástí inženýrského týmu, konkrétně se zaměřuji na vystřelovací zařízení pro drony. K týmu jsem se připojil na začátku tohoto školního roku, ale už jsem se začal podílet na návrhu našeho robota. V prvním roce jsem jako konstruktér vytvořil jen malý počet návrhů, ale většinou to byly dobré nápady, které pak vylepšili moji zkušenější kolegové. Tento rok navrhování se mi líbil a těším se, jaké výzvy budu muset řešit příští rok!

DAVID DOBES

Jsem David a k týmu jsem se připojil asi před 10 měsíci a je mi 16 let. Jsem součástí inženýrské části našeho týmu a pracoval jsem hlavně na mechanismu háku. Původně jsem byl v programátorské části týmu, ale časem mě to přestalo bavit, a tak jsem přešel k inženýrství, které mě baví víc. v minulosti jsem byl součástí kroužku robotiky Junior na naší škole, který byl spíš o učení, ale jednou jsem jel na soutěž, která byla zaměřená na pathfinding.



Outreach:

Jsme jediným aktivním týmem FTC v Česku, což nás staví do obtížné pozice, kdy soutěžíme v lize, kterou víceméně nikdo v zemi nezná. To znamená, že s ostatními týmy a projekty se poprvé setkáváme až po příjezdu na ligové turnaje v Rumunsku. Navzdory všem překážkám se snažíme propagovat vědu a inženýrství v naší komunitě. V blízké budoucnosti například uspořádáme veletrh STEM, kde bude náš robot vystaven mezi malým větrným tunelem a dalšími interaktivními prvky na podporu STEM a také přednáškou Daniela Stacha, českého popularizátora vědy.

2. ENGINEERING

Obecně máme k inženýrství velmi specifický přístup. Vzhledem k tomu, že naše škola nám nabízí různé výrobní stroje (především 3D tisk, ale v poslední době také laserové CNC obrábění), můžeme být relativně svobodní v navrhování vlastních unikátních komponentů, a ne být závislí pouze na dílech zakoupených od jiných dodavatelů. Na druhou stranu nákup nových oficiálních součástek REV zahrnuje náročnou administrativu a vysoké poštovné, takže se celkově snažíme pracovat se součástkami zakoupenými v předchozích letech k nám spolu s 3D tiskem.



To se může ukázat jako náročné, protože naše myšlení se trochu změnilo a někdy jsme měli pocit, že nedokážeme myslet s tím, co nám již bylo poskytnuto. Cílem pro tento rok tedy bylo přestat "vymýšlet, co už bylo vymyšleno". Místo toho, abychom navrhovali všechno nové, zamyslet se, jestli už neexistují součástky, které by mohly sloužit k danému účelu lépe, a trochu více přemýšlet o tom, co máme vytvořit, než to slepě vytvoříme.

2.0. DESIGN PROCESS

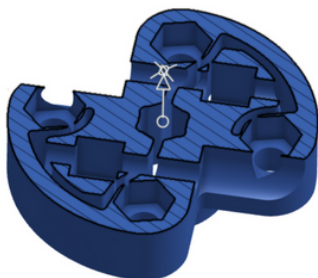


★★★★★
Design Principles for 3D
Printed Parts

📖 Course completed

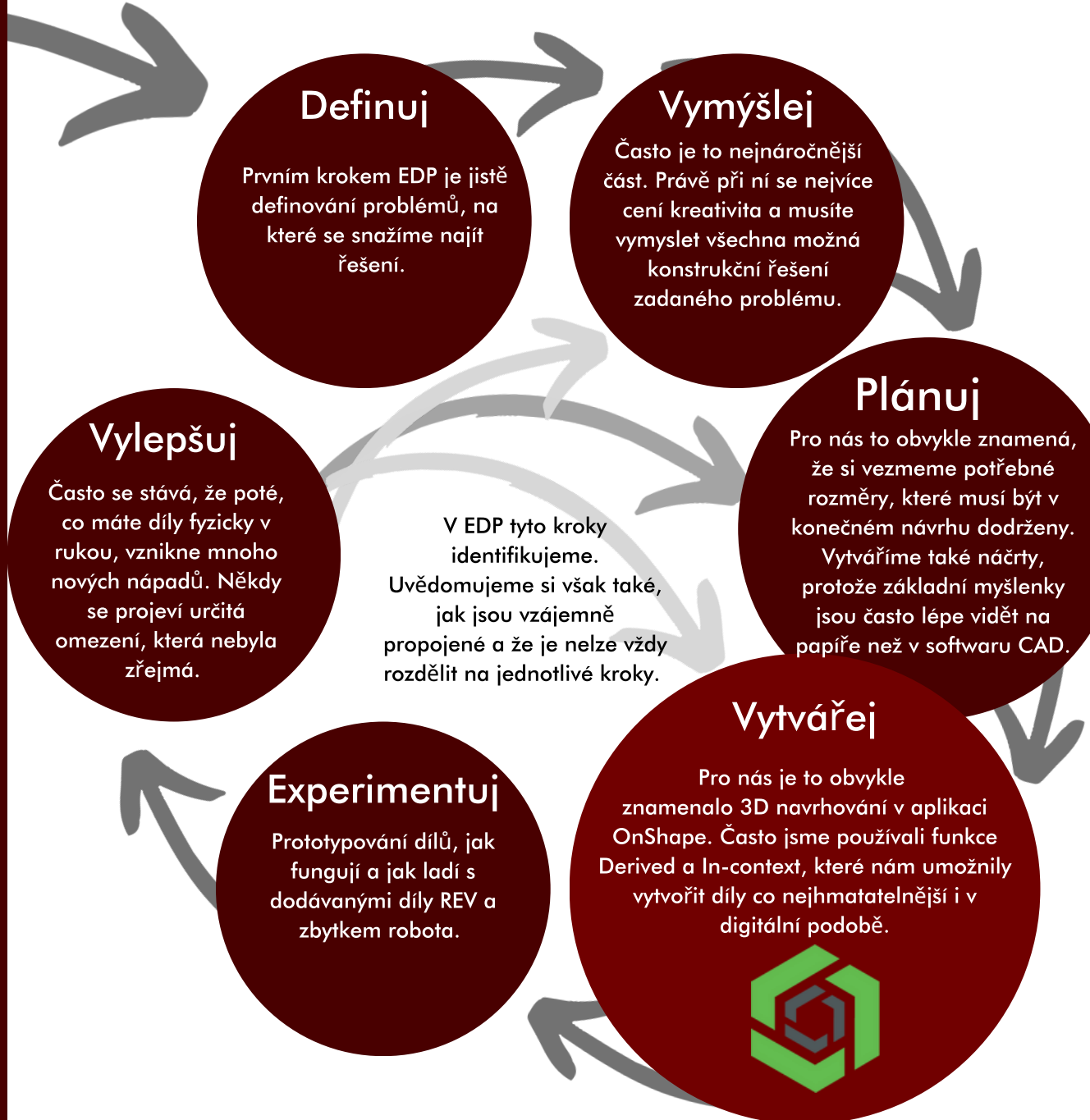
Jak již bylo zmíněno, 3D tisk je naším hlavním způsobem výroby dílů. V oblasti 3D tisku však bylo (a je) stále co zlepšovat. Je velmi důležité pochopit výrobní proces do nejmenších detailů, aby bylo možné vytvářet co nejlepší díly. To je podle mého názoru jeden z nejdůležitějších rysů inženýrství, pochopit konstrukční koncepty, které máte k dispozici, a podle toho je přijmout. Za tímto účelem se kurzy Prusa Academy ukázaly jako velmi užitečné a několik technik v nich představených bylo použito k vytvoření lepších návrhů.

Příkladem může být tvar slzy pro tištěné otvory. Takto vytištěné vertikální 3D otvory dokonale zapadají do ložisek a mohou být vytištěny bez podpěr nahoře. To nám přineslo obrovskou výhodu, protože v předchozích letech jsme to nemohli zdokonalit.



Nebo tento kurz podpořil print-in-place matice a magnety, což bylo použito pro středy kol vytištěné v ABS, přičemž matice ve svislé i vodorovné orientaci byly print-in-place.

Tyto nuance výrazně zlepšily naši práci v určitých scénářích a dále zdůraznily důležitost pochopení problémů a výhod dané výrobní metody.

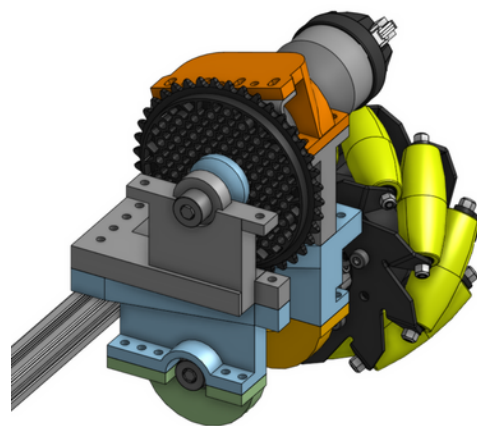
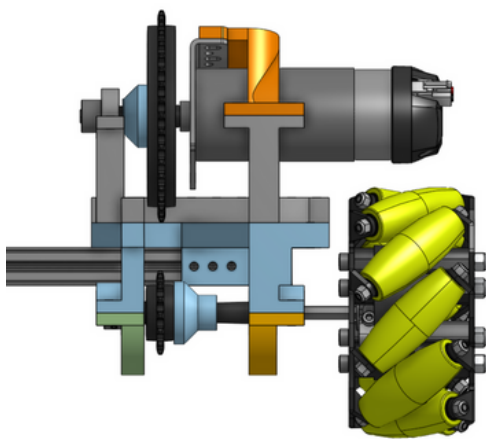


2.1. DRIVETRAIN

V loňském roce jsme si z regionálního turnaje v Bukurešti, který byl pro všechny členy našeho týmu prvním setkáním s ostatními týmy FTC, odnesli velké ponaučení. Náš podvozek byl sice modulární, což byl hlavní cíl, na který jsme se zaměřili, ale chyběly mu všechny ostatní vlastnosti. Především bylo extrémně pomalé, protože motor byl namontován přímo na kolo.

Naše hnací ústrojí se skládá z 32 dílů vytištěných na 3D tiskárně, přičemž na každém mecanum kole je 8 různých dílů. Tyto díly drží motor, mecanum kolo a dvě ozubená kola, která spojují motor s koly. Naším cílem bylo umístit motor nad kolo, abychom ušetřili místo, které je potřeba pro jiné mechanismy, což také přispělo k použití tolika dílů v našem hnacím ústrojí. Po několika testech jsme dospěli k závěru, že náš převodový pohon je efektivnější než normální.

S fungováním mecanum kol jsme velmi spokojeni, protože jsou schopna pohybovat robotem v různých směrech a rozhodli jsme se umístit mecanum kola směrem dopředu a dozadu.



Dále jsme museli promyslet optimální převodový poměr, který použijeme pro naši převodovku. Na jedné straně jsme museli pracovat s řetězovými převody, které jsme měli k dispozici, což nám zúžilo množství možných převodových poměrů, které jsme měli k dispozici. Byly zde však i další úvahy. Protože jsme chtěli robota zrychlit, vyráběli jsme převodovku, která upřednostňovala rychlost na úkor točivého momentu. Museli jsme tedy vzít v úvahu, jaký točivý moment budeme mít k dispozici.

Za předpokladu, že všechny 4 motory budou použity k akceleraci robota:

Každý motor má brzdny moment 4,2 Nm.

Se 4 motory a převodovým poměrem 40:15 máme celkový točivý moment 6,3 Nm.

Naše mecanum kola mají poloměr 50 mm (0,05 m), takže maximální brzdná síla by měla být 126 N.

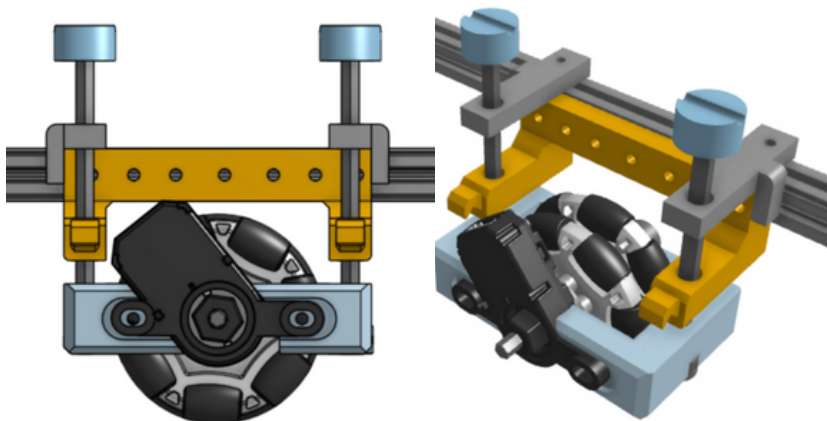
To však také pracuje s několika předpoklady, například to, že všechny 4 motory pracují na zrychlení robota, není vždy pravda. U mecanum kol, pokud se pohybujeme v diagonále, mohou v tomto směru pracovat pouze dva motory.

2.2. ODOMETRIE

Jedná se o jeden z návrhů, kde se skutečně projevila další výzva zpracovaného technického návrhu. Všechny předchozí verze odometrických držáků navrhovali loňští absolventi, takže nikdo z nás nebyl nikdy plně zapojen. Přesto jsme potřebovali mít odometrické držáky.

Protože jsme zpočátku plně nerozuměli procesu, který stojí za prací inženýra, nebyli jsme si jisti, které prvky jsou navrženy určitým způsobem z nějakého důvodu a logického uvažování a které části jsou navrženy určitým způsobem jen proto, že jsou.

Zde jsme opět čelili zajímavým inženýrským výzvám. Jako například v původním návrhu byly použity kruhové hřídele. Toto řešení však přineslo nový unikátní materiál, kterého jsme neměli dostatek nazbyt, proto jsme se rozhodli pro přechod k šestihranným hřídelím o průměru 5 mm a lineárním ložiskům, která fungují velmi dobře.

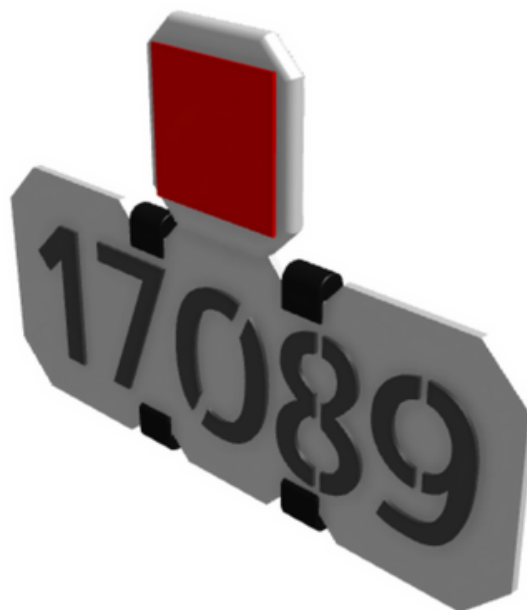


Tento design ukazuje, že je důležité stavět na práci ostatních, aby byla co nejlepší. Ukazuje také hodnotu určitých nuancí, které přicházejí s praxí. Patří mezi ně druhá vrstva ložisek nebo háčky na gumičku, které byly připraveny pro případ, že budou potřeba - na základě předchozích zkušeností.

2.3. SIDEPLATY

Od minulé sezóny se naše výrobní kapacity ve škole rozšířily. Mimo jiné jsme získali CNC laserovou tiskárnu, kterou uvedli do provozu členové našeho klubu a která je přístupná všem žákům školy. To rozšiřuje naše dostupné výrobní možnosti a motivuje nás k přemýšlení o nejlepším způsobu výroby některých dílů.

Jedním z takových dílů jsou boční desky. Loni jsme používali boční desky vytištěné na 3D tiskárně, letos jsem však chtěl tuto možnost využít naplno, a tak jsem se rozhodl pro laserem vyřezávané. Tím se ušetří spousta plastu na dílu, který by byl stejně plochý. Navíc tím odpadá nutnost rozdělit je na dvě části, protože plocha pro řezání je větší než plocha pro tisk.



Boční desky nabízejí krásné spojení obou technik, kdy jsou ploché díly vyráběny laserovým řezacím strojem, zatímco 3D tisk se používá tam, kde je nutná jeho vyšší flexibilita.

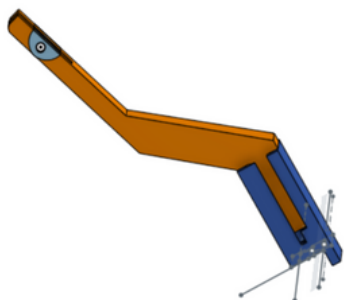
V letošním roce jsme také chtěli zařadit alianční značky, které by byly snadno vyměnitelné

2.4. DRŽÁK TELEFONU

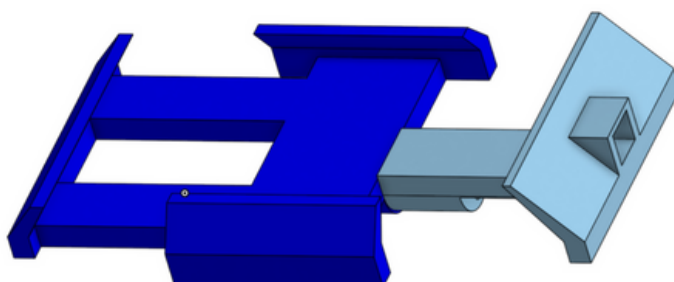
Držák na mobilní telefon z minulého roku již neplnil svůj účel, protože náš programátorský tým potřeboval držák s pevnou polohou. Tento držák mobilního telefonu se skládá ze dvou různých částí, které drží mobilní telefon, a mechanismu ze dvou různých částí, které jej spojují s robotem.

Naším řešením bylo vyrobit držák mobilního telefonu vytištěný na 3D tiskárně, aby měl pevnou polohu. Mobilní telefon se vloží dovnitř konstrukce a zajistí se tam pomocí šroubů a matic. Naším dalším problémem bylo zajistit, aby byl mobilní telefon pohyblivý, proto jsme použili mechanismus podle obrázku 1. Oranžová tyč je také připevněna k držáku, ale modrá část je v robotu. Oranžová tyč se vloží do modré části a pomocí gravitační síly zůstane upevněna, ale lze ji snadno vyjmout.

Držák obsahuje také otvor pro nabíječku a pak otvor na zapnutí a vypnutí. Otvor pro tlačítko pro zapnutí byl vyroben až po 3D tisku.



Obrázek 1



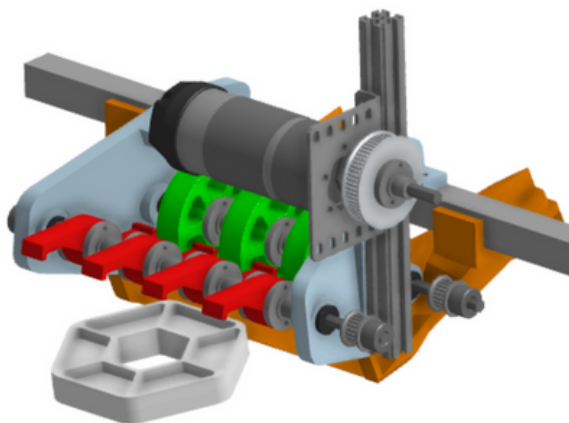
Obrázek 2

2.5. SBÍRANI & POKLADANI PIXELU

Jedná se o mechanismus, který prošel v průběhu konstrukčního procesu nejpodstatnějším vývojem. Oba mechanismy se vyvíjely paralelně, někdy byl posun jednoho z nich tak dramatický, že musel být druhý mechanismus zcela přepracován. Někdy se naopak jedna část chovala na základě limitů druhé. Hlavním požadavkem, který jsme měli na mechanismus sběrače, bylo, aby byl širší než pixel, takže bychom se vyhnuli jakémukoli přesnému sběrači. Udělali jsme to na základě zkušeností z minulého roku, kdy náš mechanismus vyžadoval přesnost pro každý sebraný kužel, což nás stálo drahocenný čas.

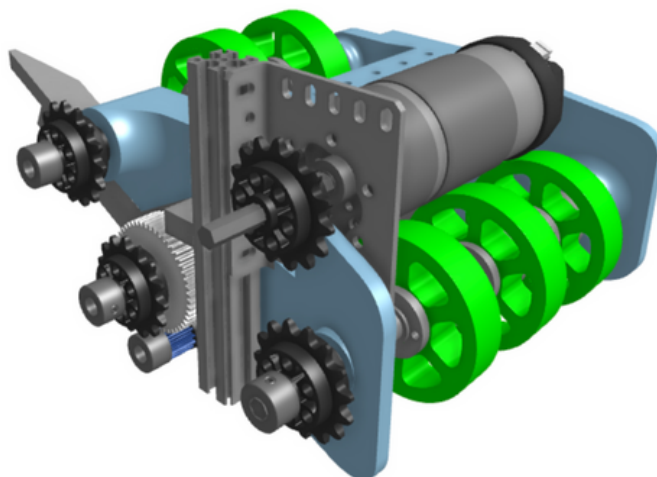
Raná verze - design lopatky: Tento návrh byl vytvořen s velmi skeptickou vizí této sezóny na začátku roku. Bylo rozhodnuto, že se nebudeme snažit vše přehnaně konstruovat a raději vytvoříme návrh, který možná nebude neefektivnější, ale bude alespoň nějak fungovat.

Po prvních testech s plastovou "lopatkou" byla rychle rozpoznána potřeba lepšího mechanismu.



Mechanismus dvojité otáčivé nápravy. Jednalo se o konečnou verzi pickup mechanismu, která zahrnovala všechny poznatky získané z předchozích konstrukcí. "Podvozek" tohoto mechanismu vycházel z příznivých zkušeností s předchozí konstrukcí, změnilo se však umístění os. Tento mechanismus využívá sadu koleček k přitlačení pixelu na hřídel, která se díky čelnímu ozubenému převodu otáčí v opačném směru, a tudíž vytlačuje pixel nahoru, na lopatku, kde její další sada koleček posouvá dále do mechanismu.

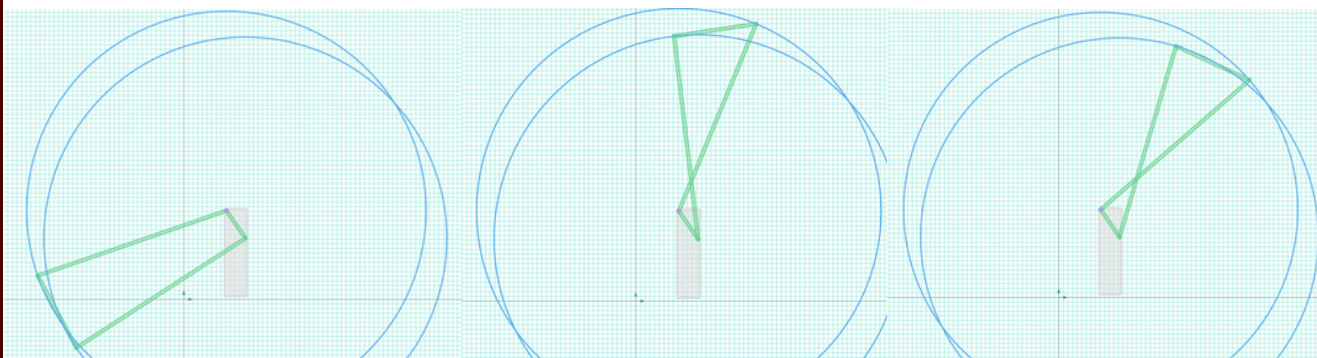
Ruber jet - tyčový mechanismus: Tento mechanismus naopak využíval "tyčinky" z filamentu ruber jet, které měly vytvářet rušivé vlivy a "tlačit" pixely na lopatku, kde je pak zachytí kolečka. To nefungovalo podle očekávání, protože se nám stále nedařilo získat správné vlastnosti z dílů vytištěných ruber jetem, stejně tak se objevily další problémy. Navíc se ukázalo, že pás je v tomto scénáři nedostatečný, protože měl obrovskou tendenci k prokluzování.



Umisťovač - rotační mechanismus ramene:

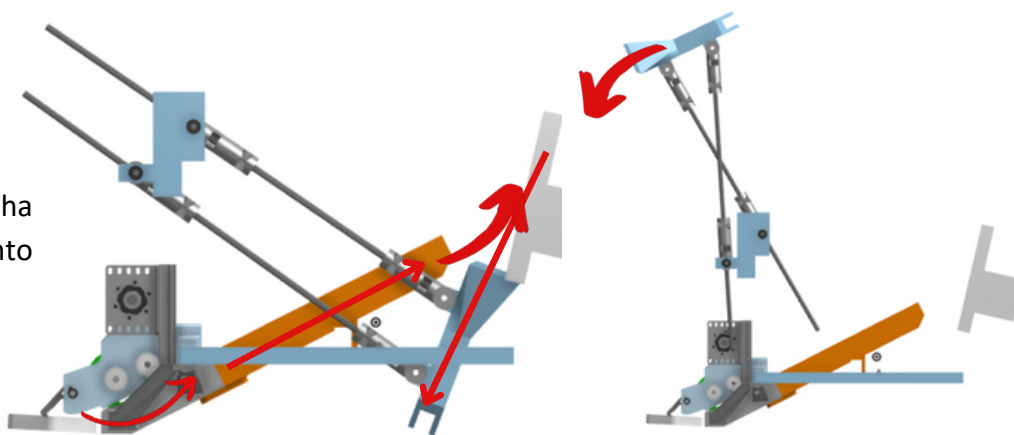
Poté, co jsem se shodl na tom, že návrh lopatky pravděpodobně nebude efektivně fungovat, a získal jsem trochu motivace, jsem původní mechanismus zavrhl a pokusil se vytvořit něco propracovanějšího.

U mechanismu umisťování, protože jsme v minulých letech výrazně bojovali s lineárním pohybem, jsem tuto cestu vzal jako pro nás nevýhodnou. Proto jsem se rozhodl pro rotační umisťovací rameno. V té době jsem dostal radu od kolegy z týmu, že bychom mohli k "něčemu" použít software motiongen.io, a to se mi zdálo jako ideální řešení pro umisťovací mechanismus. Chvilí jsem si s touto aplikací "hrál" a snažil se vytvořit dvoukloubový mechanismus, který by nám umožnil mít požadovaný úhel v poloze pro vyzvednutí i umístění. Níže uvedený mechanismus byl pak použit, protože nabízel dobrý počáteční úhel i "překlopení" pixelového vozíku poté, co opustí půdorys robota.

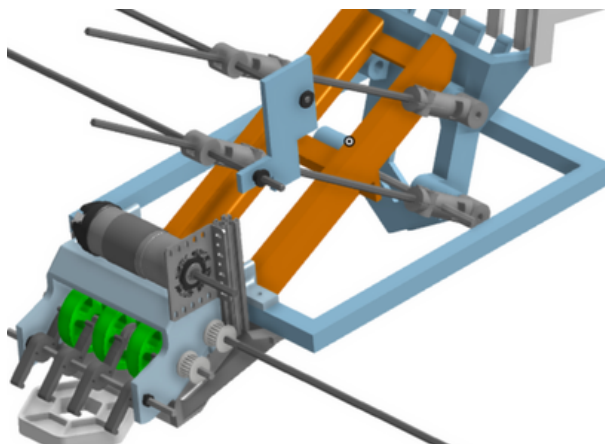


Obrázek(zleva doprava): Otočné rameno v dolní (nakládací), pojezdové a horní (vykládací) poloze.

Teoretická dráha pixelu v tomto mechanismu



S touto konstrukcí se však s postupujícím vývojem dalších funkcí robota objevovalo stále více problémů s tímto mechanismem. A tehdy se ukázala další výzva v procesu konstrukce - vyhazování nápadů. Bylo neuvěřitelně obtížné zahodit hodiny práce, které byly vynaloženy na návrh vlastních dílů a na zdokonalení tohoto mechanismu pro něco úplně jiného.



Ujasněme si to - nakonec jsme použili lineární mechanismus posuvníků

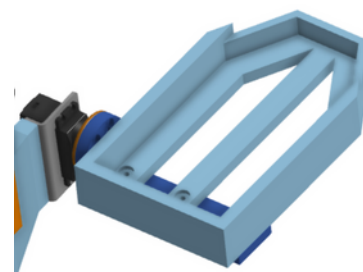
Použití lineárního mechanismu by mělo následující výhody:

- Úspora místa - otáčení vyžadovalo hodně prázdného prostoru, takže rotační ramena mohla být dostatečně dlouhá - nicméně nám už docházel prostor. S lineárním mechanismem by se objevila spousta nového volného místa.
- Umístění - lineární posuvník by umožnil umístění naproti čela sběrače, což je mnohem strategičtější a může zlepšit i pohodlí.

Původně jsme se snažili vyhnout lineárnímu mechanismu, protože vím, že naši předchůdci měli problémy s vytvořením funkčního lineárního výtahu, takže jsem se místo toho rozhodl pro rotační variantu. Ale když se ukázaly všechny výhody lineárního mechanismu, rozhodl jsem se, že bych měl sám prozkoumat jeho možnosti. A zjistil jsem, že lineární jezdec z obchodu s nábytkem jsou robustní a kloužou s minimálním třením.

Nakonec se ukázalo, že s dobře fungujícími posuvníky to funguje velmi dobře a není to tak obtížné, jak jsem si představoval. Díly jsme spojili pouze pomocí 3D tištěných ABS dílů, do kterých jsme umístili kladky pro provázek, aby bylo možné lineární ovládání. Díly pro upevnění jezdec k podvozku jsme pak jednoduše navrhli v kontextu a lineární jezdec byl vytvořen. Tím ale pro mechanismus umístění neskončil, protože i když jsme měli jezdec, na konci bylo jen jedno servo a museli jsme vyvinout něco, co by pixel drželo a umístilo.

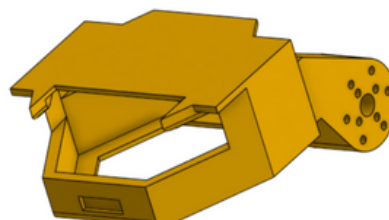
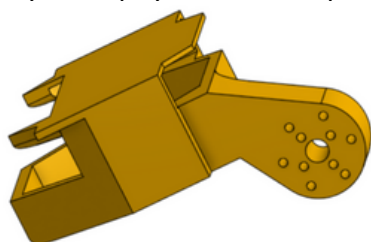
V prvních verzích to byly obvykle nějaké dočasné řešení, která jednoduše držela pixel v kontejneru a byla uvolňovaly mechanismem, který je otáčel a pouštěl. náhodně. To jsme se snažili vylepšit v konečné verzi. pickup mechanismus připraven.



Mechanismus umístění musí navazovat na mechanismus vyzvedávání. Pracovali jsme se dvěma šestihrannými pixely, které budou mít malou rychlost na rampě. Rozhodli jsme se vytvořit konstrukci ve tvaru šestiúhelníku, která bude schopna pojmout dva z nich. Malý otvor na začátku jim umožní do tohoto mechanismu vklouznout a spadnout do něj. Když oba šestiúhelníky vklouznou do mechanismu, vyjede pomocí lineárního mechanismu nahoru. Pomocí lineárního mechanismu se tento držák ve tvaru šestiúhelníku zvedne na desku. Servo připojené k této části ji otáčí do tří poloh zámku. Jedna poloha ji zvedne a druhá ji nechá spadnout. Třetí poloha je někde uprostřed, protože jsme potřebovali polohu, která bude schopna udržet pixel, když vyjede nahoru. Na druhé straně mnohem výše je další otvor. Po otočení je tato díra dole a pomocí gravitační síly oba šestiúhelníky spadnou na hrací plochu.

Při tomto návrhu jsme se potýkali s několika problémy. Zaprvé, pixely šestiúhelníku uvízaly mezi rampou a tímto políčkem, protože byly špatně orientované a nemohly se dovnitř vejít. Přidali jsme několik malých kousků, které by měly být schopny pixely natočit do správné polohy, aby se dobře vešly.

Dalším problémem byla pozice zámku krabice. Potřebovali jsme ji přesně napasovat na rampu pro rychlejší a snadnější nakládání. Přidali jsme tedy na horní část krabice součástky, které by pak měly být schopny uzamknout polohu krabice a snadno a přesně ji naložit.

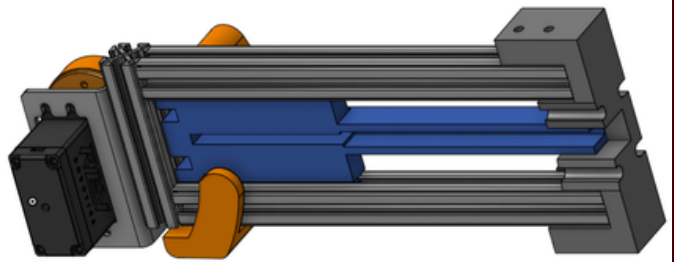


2.6. VLASTOVKY

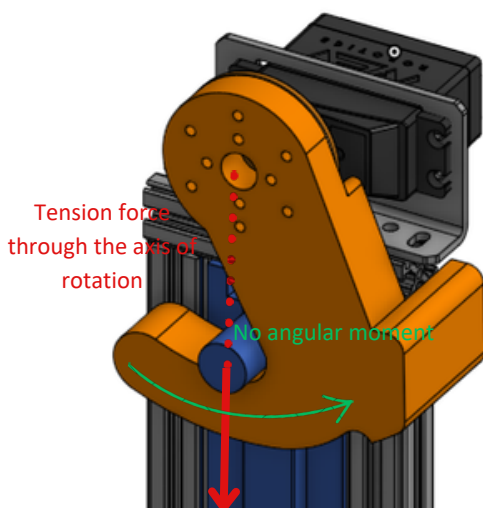
Mechanismus odpalovacího zařízení dronu byl další částí, která představovala výzvu při navrhování. Naším hlavním limitujícím faktorem byla skutečnost, že jsme se museli vejít do určitého rozměru. Tento problém byl ještě umocněn skutečností, že jsme potřebovali prostor pro náš mechanismus pro vyzvednutí a umístění, který zabíral značnou část prostoru v našem robotu. Tyto okolnosti se skládaly do specifického souboru požadavků, aby byl dostatečně malý, aby se vešel do našich požadavků na velikost, a zároveň poskytoval dostatečný výkon pro vypuštění našeho dronu na požadovanou vzdálenost.

Naše řešení: Boost carriage

Náš tým dospěl po úvahách o tom, jak bychom k tomu měli přistupovat, k zjištění, omezující soubor požadavků. Uvědomili jsme si, že bychom mohli použít 15mm výlisky jako naše kolejnice místo toho, abychom je tiskli z plastu. Od začátku jsme se přikláněli k návrhu posilovacího vozíku, díky tomuto odhalení však byla tato obvykle objemná konstrukce dostatečně kompaktní pro robota a zároveň si zachovala svůj výkon.



Také mechanismus pro vypouštění dronů byl výzvou, dokud jsme nepřišli na důležitou věc. Na začátku jsme nebyli schopni plně myslet mimo rámec a "overengineerovat" některé části zbytečně. U vypouštěcího mechanismu jsme si uvědomili, že budeme muset navrhout mechanismus, který bude schopen udržet napětí v gumičkách po celou dobu zápasu, zároveň však v případě potřeby dron snadno uvolní.



Při návrhu této části bylo důležité zapomenout na všechny tendence něco overengineerovat a vrátit se k jednoduché fyzice. Pokud navrhne mechanismus, ve kterém v uzamčeném stavu nevzniká na servu žádný moment - napínací síla od gumiček prochází jeho osou otáčení, neměl by být problém s jeho setrváním v uzamčené poloze.

2.7. ZAVESOVANI

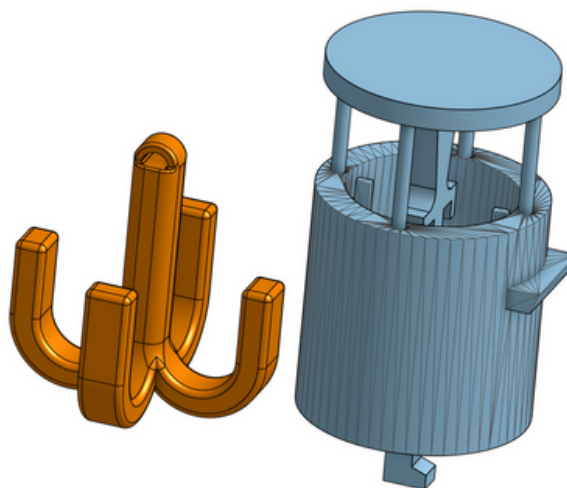
V průběhu roku jsme pracovali na mnoha návrzích, které se nedostaly do finální verze robota, mezi něž patřilo odpalovací zařízení papírových letadel, odpalovací zařízení robota na příhradový hák, odometrické držáky nebo mechanismy pro sběr pixelů.

Vystrelovač háku

Tato konstrukce byla prototypem pro vypuštění háku nad hrazdovou konstrukci, který by se poté navinul pomocí motoru s kevlarovým lanem.

Díky konstrukci háku by se vždy zachytil o příhradovou konstrukci, bez ohledu na to, jakým způsobem by hák dopadl, a ukázalo se, že je konzistentní.

Bohužel se ukázalo, že hák Batman (In-house volací znak) je pro naši konkrétní aplikaci problematický. Konkrétně kvůli omezenému prostoru jsme mechanismus jednoduše nemohli umístit na logické místo.



Druhým důvodem, proč jsme museli návrh zrušit, je skutečnost, že jsme nemohli přijít na to, jak udržet hák na odpalovacím zařízení uprostřed hry a poté jej uvolnit pro odpalovací fázi. Což je okamžik, kdy do hry opět přišla inženýrská výzva v podobě zahazování návrhů.

Magnetický mechanismus háku

Nakonec jsme se rozhodli dát přednost jednoduchému mechanismu. Ten obsahuje dva háčky, které jsou magneticky připevněny k držáku, který je zvedne na úroveň hřídele.

Když jsou připevněny k hřídeli, měly by se od držáku odpojit a motor pod nimi bude navíjet kevlarovou šňůru, aby se robot dostal do vzduchu.

I na tomto návrhu se podílelo několik prototypů, které měly doladit určité nuance. Jednalo se například o 3D tištěné detaily, jako jsou malé háčky na provázek nebo výřezy. Ty se při reálném testování ukázaly jako naprosto zbytečné a byly odstraněny ve prospěch co největšího zkrácení doby tisku



3. PROGRAMMING

Na začátku letošního roku jsme se potýkali se zcela unikátním problémem - všichni členové našeho programátorského týmu ukončili studium a měli jiné, důležitější cíle, kterých chtěli dosáhnout. Proto nemohli novým členům plně vysvětlit funkčnost kódu používaného v předchozích letech. Museli jsme se rozhodnout, zda buď budeme pročesávat a analyzovat dříve používaný kód a zároveň se mu snažit porozumět i při velkém nedostatku dokumentace, nebo začneme znovu, kód a všechny jeho mechanismy přepíšeme a sami promyslíme.

Zvolili jsme druhou možnost, protože by to novému programátorskému týmu pomohlo lépe pochopit všechny myšlenky, které stojí za kódem a samotným pracovním prostředím. To by nám pomohlo lépe provádět drobné úpravy a opravovat chyby v průběhu práce. Začali jsme tedy od nuly a během přepisování všeho jsme se odvolávali na některé již existující části kódu. To samozřejmě nebyl snadný úkol, zejména s ohledem na to, že celý nový programátorský tým nastoupil letos, kvůli čemuž nebyl vůbec obeznámen s ekosystémem rev.

Přesto jsme kladli velký důraz na psaní lepšího kódu. Kód, který je snadno pochopitelný, se správně pojmenovanými třídami a proměnnými, se srozumitelnými komentáři a dokumentací. To bylo něco, co se dříve nedělalo, a hlavní důvod, proč jsme nemohli znovu použít kód používaný v předchozích letech. Jedním z našich hlavních cílů je vytvořit silný základ, který bude možné opakovaně používat po mnoho dalších let a na kterém budou moci snadno stavět i budoucí programátoři.

Vzhledem k tomu, že veškeré programování prováděli pouze dva lidé, byla to poměrně velká zátěž, ale zároveň to usnadnilo rozdělení práce. Jeden pracoval na ovladači opmode a opencv, zatímco druhý na odometrii a autonomním režimu. To bylo provedeno proto, aby nedocházelo ke konfliktním změnám, ale těch pár, které se objevily, se dalo snadno opravit díky version control, pro kterou jsme používali git a github. Také jsme se snažili používat OOP a rozdělit vše do tříd, což pomohlo oddělit kód a učinit ho čitelnějším a zároveň opět minimalizovat konflikty při slučování.

Díky tomu lze kteroukoli z tříd v přesném stavu znovu použít i v následujících letech.

3.1. ODOMETRIE

Náš robot je opět vybaven 3 snímači otvorů připojenými k mrtvým kolům. Tento systém umožňuje širokou škálu možností, zejména přesné sledování pohybu a směru robota, což nám umožňuje vytvořit souřadnicový systém vztažený na pole. Pomáhá také robotovi s korekcí pohybu, protože kvůli nedokonalému rozložení hmotnosti má robot při příliš dlouhém zrychlování tendenci klouzat s hybností.

Zde jsou základy algoritmu odometrie, který jsme letos použili:

Nejprve musíme definovat některé konstanty, které budeme používat. Víme, že obě boční mrtvá kola jsou umístěna 300 mm napříč od sebe. Prostřední kolo je umístěno 150 mm od středu kolmo na pomyslnou čáru mezi bočními koly. Toto vysvětlení nezohledňuje rozlišení snímače ani přepočítání mezi surovými údaji snímače a vzdáleností ujetou příslušným kolem. Dále vypočítáme úhel, o který se robot otočil:

```
double deltaAngle = (deltaRight0do - deltaLeft0do) / side0dosDistance;
```

$$\theta = \frac{\Delta r - \Delta l}{300}$$

Kde delta každého kola (r=vpravo atd.) odpovídá vzdálenosti ujeté od posledního výpočtu. Poté vypočítáme délku oblouku rovnoběžného s postranními koly, kterou ujel střed robota.

```
double centerDisplacement = (deltaRight0do + deltaLeft0do) / 2;
```

$$dc = \frac{\Delta r + \Delta l}{2}$$

Dále vypočítáme posunutí do stran, protože náš robot se může pohybovat do stran a diagonálně:

$$ds = \Delta m - (150 \times \theta)$$

```
double horizontalDisplacement = deltaMiddle0do - (deltaAngle * middle0doDistance);
```

K získání ujeté vzdálenosti x a y stačí dříve získané hodnoty:

$$\Delta x = dc \times \cos(\theta + \theta_{prev}) - ds \times \sin(\theta + \theta_{prev})$$

$$\Delta y = dc \times \sin(\theta + \theta_{prev}) + ds \times \cos(\theta + \theta_{prev})$$

```
double deltaX = centerDisplacement * Math.cos(deltaAngle + prevAngle) - horizontalDisplacement * Math.sin(deltaAngle + prevAngle)
double deltaY = centerDisplacement * Math.sin(deltaAngle + prevAngle) + horizontalDisplacement * Math.cos(deltaAngle + prevAngle)
```

Kde subcipt prev označuje dříve zaznamenaný úhel. Nakonec upravíme celkové polohy x a y:

$$x = \Delta x + x_{prev}$$

$$y = \Delta y + y_{prev}$$

3.2. DRIVER OPMODE

Při rozhodování, jak rozdělit různé ovládací prvky mezi dva ovladače, jsme dospěli k závěru, že jeden ovladač by se měl zaměřit především na pohyb a otáčení robota, zatímco druhý ovladač by měl kontrolu nad všemi sekundárními motory a servy, jako jsou ty, které odpovídají za zvedání pixelů, jejich umístování, natáčení dronu, vytahování háků atd. Ačkoli to vyžadovalo poměrně náročnou komunikaci mezi oběma ovladači, máme pocit, že to vedlo k dobré rovnováze, která nakonec fungovala velmi dobře.

Při implementaci ovládacích prvků pro primárního řidiče, který řídil pohyb robotů, jsme narazili na problém, váha robota byla velmi nerovnoměrně rozložena, což vedlo k jeho klouzání a samovolnému otáčení při zastavení nebo obecně při rychlé změně směru. To způsobilo, že robot byl v podstatě neovladatelný, protože řidič ho musel neustále otáčet, aby tomuto nežádoucímu pohybu čelil. Zpočátku jsme se to snažili vyřešit automatickým otáčením robota proti tomuto pohybu a přidáním pomalejšího umělého zrychlování a zpomalování, ale to mělo ten problém, že občas rušilo řidiče a celkově činilo ovládání robota méně citlivým.

Nakonec jsme se rozhodli klouzání robota ignorovat, protože nepředstavovalo velký problém, protože jsme pohyb robota udělali relativní k hřišti, což znamenalo, že bez ohledu na natočení robota se bude stále pohybovat správně. Když řidič potřeboval přesně zatočit, mohl podržet levou spoušť, což by robota zpomalilo a umožnilo jeho lepší ovládání. Pravá spoušť naopak zvyšovala rychlost. To se ukázalo jako mnohem lepší řešení, protože ačkoli to řidiče více zatěžovalo, robot dělal přesně to, co řidič chtěl, což usnadnilo jeho ovládání a my jsme se mohli vyhnout nežádoucím soubojům mezi řidičem a autopilotem robota.

Samozřejmě jsme na místo umístili mnoho bezpečnostních mechanismů pro případ, že by odometrie selhala, řidič měl stále možnost ji buď resetovat, nebo úplně vypnout polohovací systém relativní k hřišti. Abychom zabránili chybným kliknutím u těchto funkcí, ale i u ostatních funkcí, přidali jsme podmínku, že řidič musí držet stisknutý levý a pravý bumper, aby se tyto vstupy zaregistrovaly. Za tímto bezpečnostním mechanismem jsme také uzamkli mnoho dalších funkcí, jejichž náhodné stisknutí by bylo katastrofální, jako například spuštění dronu na druhém ovladači.

Controller 1

Pojistka (RB + LB)
Přesun robota (L)
Otáčení robota (R)
Zpomalení robota (LT)
Zrychlit robota (RT)
Obnovení rotace (Y + pojistka)
Přepínání globální polohy (X + pojistka)

Controller 2

Pojistka (RB + LB)
Lineární posuvník (R)
Základní stav pixelového umístovače (LT + B)
Cestovní poloha pixelového umístovače (B)
Poloha vyložení pixelu (RT + B)
Střílet dron (X + pojistka)
Umístění háků (Y + pojistka)
Zvednutí pixelu (A)
Vytáhnout hákem (dpad - nahoru)

3.3. OPENCV

Protože existují tři předem určené pozice, kde se může nacházet rekvizita našeho týmu, rozhodli jsme se nastavit tři oblasti, ve kterých bychom spočítali počet pixelů odpovídajících určitému barevnému rozsahu a poté vybrali oblast, která obsahuje nejvyšší procento těchto pixelů. Abychom se vyhnuli zbytečným chybám, zpracováváme snímky po dobu jedné sekundy, během níž zjišťujeme průměr počtu odpovídajících pixelů v každé oblasti. Tím je zajištěno, že pokud telefon na několika snímcích ztratí ostrost nebo jas nebo se vyskytnou jiné náhodné chyby, měly by být anulovány tím, že provedeme průměr z přibližně 30 měření.

Zpočátku jsme to chtěli udělat sami bez použití vestavěných funkcí opencv, které toho dělaly víc, než jsme potřebovali, a plýtvaly tak našimi skromnými výpočetními prostředky. Začali jsme tím, že jsme zkusili sami iterovat matici snímku a pouze počítali počet pixelů, které spadají do námi požadovaného barevného rozsahu. Bohužel tím vzniklo příliš mnoho požadavků na knihovnu opencv, která nestíhala a vytvářela obrovské zpoždění.

Došli jsme k závěru, že to co nás zpomaluje je počet požadavků, protože backend opencv je schopen provádět operace velmi rychle, takže je lepší použít vestavěné funkce, které sice zabírají více výpočetního výkonu, ale jsou mnohem rychlejší, protože backendu opencv musíme předat pouze jeden požadavek. Proto jsme použili funkci `inRange` z opencv, která vrací konkrétně, které pixely odpovídají našemu barevnému rozsahu, a ne pouze počet. Naštěstí existuje ještě jedna vestavěná funkce, která je dokáže spočítat za nás.

3.4. AUTONOMOUS MODE

Autonomní režim našeho robota je zcela standardní, ale přesto je velmi důležitou součástí kódu, protože sjednocuje v podstatě všechny unikátní mechanismy kódu v jednom opmodu. Používá odometrii ke sledování své polohy a skript OpenCV k lokalizaci týmové rekvizity. Hlavním úkolem autonomního pohybu je funkce používaná k převodu cílového bodu na výkony motorů používaných k dosažení uvedeného bodu.

Abychom zabránili přetáčení a přejetí bodu a následnému nucenému návratu zpět, implementovali jsme systém dynamického zpomalování, který pohyb robota a jeho řízení výrazně zpřesňuje.

Jedinečnou výhodou systému odometrie je, že robot nepotřebuje žádnou formu detekce nárazu v případě kolize s robotem jiného týmu. Protože při srážce stále sledujeme jeho polohu, robot jednoduše vyhodnotí vzdálenost, o kterou se při srážce posunul, a pokračuje dál.

Všesměrová mecanum kola, která jsou na robotovi přítomna, lze v autonomním scénáři využít naplno. Protože kola umožňují robotovi pohybovat se současně v ose x a ose y a otáčet se, není třeba čekat, až dorazí do bodu, a otáčet se až poté, protože se můžeme jednoduše otáčet během pohybu k bodu a ušetřit několik drahocenných sekund.