



Středoškolská technika 2019

Setkání a prezentace středoškolských studentů na ČVUT

LEGO Mindstorms – manipulační robot

David Jedlička

Gymnázium Zikmunda Wintra, Žižkovo náměstí 186,

26901 Rakovník

ROČNÍKOVÁ PRÁCE

Gymnázium Zikmunda Wintra, příspěvková organizace

LEGO Mindstorms–manipulační robot

LEGO Mindstorms–manipulation robot

Autoři: David Jedlička

Ročník a školní rok: O7 2018/2019

Vedoucí práce: Mgr. Vojtěch Adalbert Delong

Konzultant: Mgr. Anna Voříšková

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou ročníkovou práci vypracoval/a samostatně a použil/a jsem pouze prameny a literaturu uvedené v seznamu bibliografických záznamů.

Prohlašuji, že tištěná verze a elektronická verze práce jsou shodné.

Nemám závažný důvod proti zpřístupnění této práce v souladu se zákonem č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) v platném znění.

V Rakovníku dne

Poděkování

Touto prací bych chtěl poděkovat mému konzultantovi, vedoucímu práce a učiteli fyziky panu Vojtěchu Delongovi, za jeho ochotu a trpělivost se mnou spolupracovat na této ročníkové práci.

Anotace

Tato ročníková práce se zabývá návrhem, stavbou, programováním a problematikou manipulačního robota postaveného ze stavebnice LEGO Mindstorms EV3. Cílem bylo zkonstruovat automaticky řízeného robota převážejícího objekty z místa na místo. Robot se dá popsat jako pásové vozidlo s mechanickým ramenem. Robot je schopen se orientovat v prostoru a má možnost využít mnoha různých programů určených pro jeho funkčnost.

Klíčová slova

LEGO – Mindstorms – EV3 – Robot – Programování

Annotation

This thesis deals with the design, construction, programming and problems of a handling robot built from the LEGO Mindstorms EV3 kit. The goal was to construct an automatically controlled robot transporting objects from place to place. The robot can be described as a tracked vehicle with a mechanical arm. The robot is able to navigate in space and has the ability to use many different programs designed for its functionality.

Keywords

LEGO – Mindstorms – EV3 – Robot – Programming

Obsah

| | | |
|-------|--|--|
| 1 | Úvod..... | 7 |
| 2 | Nápad a návrh | 8 |
| 2.1 | Stavebnice LEGO Mindstorms EV3 | 8 |
| 3 | Myšlenka a návrh robota..... | 9 |
| 4 | Praktická část | 11 |
| 4.1 | Popis, návrhem určených, elektrotechnických komponentů..... | 11 |
| 4.2 | Stavba robota..... | 12 |
| 4.3 | První test spuštění | 14 |
| 4.4 | Programování | 15 |
| 4.5 | Parametry a vlastnosti robota | 23 |
| 4.5.1 | Parametry | 23 |
| 4.5.2 | Vlastnosti | 23 |
| 4.5.3 | Nedostatky | 23 |
| 5 | Závěr | 24 |
| 6 | Použitá literatura | 25 |
| 7 | Seznam obrázků..... | 26 |
| 8 | Příloha : Přidané fotky finálního stavu robota, a jeho mechanické a elektrotechnické součásti..... | 27 |
| 9 | Soupis konzultací..... | Chyba! Záložka není definována. |

1 ÚVOD

V této ročníkové práci bych se chtěl zabývat robotikou, čistě z mého zájmu a nadšení pro tento obor. Toto téma jsem si vybral za účelem, že jsem dosud nenašel na mé škole vypracovanou práci tohoto typu. Zajímá mě, co všechno vlastně je za vytvořením robota a uvedením do jeho dané funkce. V ročníkové práci bude představeno navrhování robota, popis stavebnice Lego Mindstorms EV3, stavba robota, programování a závěrečné testování.

Bude zde představena práce s jedním modelem manipulačního robota. Model bude určen výhradně k přepravě nápojů v plechových nádobách, či v papírových kelímcích. Robot vybaven gumovými pásy a třemi servomotory ovládající mobilitu a mechanické rameno, schopen uchopit a udržet nádobu s nápojem v průběhu přesunu z počátečního místa na místo určení aniž by se nápoji cokoliv stalo. Pracující at' už podle předem vytvořeného programu, nebo manuálním ovládáním přes Bluetooth, nebo infračerveným ovladačem.

V teoretické části bude popsána myšlenka navrhování robota, jak by měl vypadat a pracovat s přídatným teoretickým nákresem. Myšlenka o schopnosti se pohybovat, možnosti uchopení předmětů a manipulaci s nimi. Praktická část bude obsažena kroky při stavbě modelu, jeho problémy při stavbě, programování, vlastnostmi a konečným testováním, jako je například jeho nosnost, nebo rychlost pohybu.

Při zpracovávání této ročníkové práce jsem využil některé články o popisu jistých součástí a jejich schopnostmi, či využitím. Je zde popsáno s jakými problémy se tato práce potýkala a jak byly řešeny.

Myslím si, že tato ročníková práce udává základy a postup amatérského uvažování nad oborem, který lze mnohonásobně lépe rozvést a využít, a který patří mezi jedny z nejpodstatnějších otázek dnešního světa. Věřím, že tato práce mi bude nápomocná do budoucna, kde bych mohl využít jejích základů.

2 NÁPAD A NÁVRH

Odmalička jsem byl zaujat automatizací určitých procesů. Doprava, vojenské vybavení, sci-fi, zemědělství, a tak dále. Tedy sen skoro každého kluka v dětských letech. Bavilo mě stavět z různých stavebnic. Chápat, jak věci fungují a jak jim dávat smysl.

Později jsem ve škole už neměl tolik času řešit podobné věci, avšak smysl a nadšení mi pořád zůstaly. Když jsem se rozhodoval pro téma ročníkové práce, uvažoval jsem nad různými věcmi, které by bylo ale obtížné provést. Pak mě napadla robotika, jelikož jsem již doma měl k dispozici stavebnici lego sadu Mindstorms a nápady se už jen hrnuly.

Celkem jednoduše jsem našel odvětví, co bych tak asi mohl vytvořit. Jakožto nejvhodnější podnět mi přišla možnost vytvořit model, schopný něco převážet, ale co? Nad touto otázkou jsem dlouze uvažoval, dokud mě nenapadla možnost modelu robota, který by měl manipulovat s určitými předměty. Nad svým návrhem jsem se celkem sám pobavil. Protože se u nás na škole poslední dobou hodně řešili automaty na jídlo a pití, tak mě napadl robot s možností převážet určité produkty z těchto automatů z místa na místo. Mohl by být schopen přivést někomu z automatu cokoliv, co by potřeboval, aniž by musel dotyčný vstát z lavice a dojít si pro to pěšky.

2.1 Stavebnice LEGO Mindstorms EV3

Stavebnice LEGO Mindstorms EV3 je pokročilejší stavebnice od firmy LEGO® a vychází již z předchozí stavebnice LEGO Mindstorms NXT. Verze EV3 vyšla v roce 2013 1. září čtyři roky od vydání NXT jako vylepšená verze předchozí stavebnice. EV3 se liší od své předešlé verze NXT hlavně novým procesorem ARM 9, lepší kapacitou paměti, čtyřmi konektory pro motorové moduly namísto třech, lepším reproduktorem, lepším displejem, možnost rozšířit paměť o SD kartu, zlepšením funkce Bluetooth a dalšími uživatelskými možnostmi.

Stavebnice je určena na rozdíl od jiných lego produktů pro pokročilejší uživatele, a to proto kvůli jejímu elektrotechnickému rozšíření. Je určena pro stavbu automaticky fungujících modelů ať už manuálně ovládané přes dálkové ovládání pomocí funkce Bluetooth, ovladačem s infračerveným portem, či plně zautomatizované přes předem vytvořený program uživateli, nebo od společnosti LEGO.

Základní sada stavebnice pod číselným kódem 31313 obsahuje *EV3 P-Brick*, takzvaně „základní kostku“, dále dva velké servomotory, jeden střední servomotor, dotykový sensor, barevný sensor, infračervený sensor a dálkové ovládání. Dále se dá rozšířit o sensor ultrazvuku, gyroskopický sensor, sensor na měření teploty, energii měřící jednotka, nebo z dřívější verze NXT lze připojit i mikrofon.

Stavebnice LEGO Mindstorms se dnes také často používají jako pomůcka na školách, kde se na ní vyučuje obor se základy robotiky, čemuž vypomáhá jednoduchost při sestavování různých modelů.

3 MYŠLENKA A NÁVRH ROBOTA

Robot rozvážející nápoje. Tedy stroj schopný uchopit předmět, a bezpečně ho převést na cíl určení. Přemýšlel jsem nad způsobem uchycení přenášeného předmětu a způsobu pojíždění s ním po prostoru. Zajímá mě, jak to vše dát jednoduše dohromady, aby fungoval jak má.

Nejdříve se musím zaměřit na nejdůležitější část robota, a tou je podvozek, součást robota, která by vše měla uvést. Měla by být pevná a vyvážená, aby nikde nevznikaly žádné zbytečné problémy. Rozložení váhy je tu celkem zásadní vzhledem k tomu, že robot by měl vozit svůj náklad lehce před sebou zvednutý ve vzduchu. Tím pádem se jeho těžiště velmi vychýlí z počáteční úrovně a při špatném návrhu by se mohl robot převážít. Nejtěžší část z váhy na modelu si přivlastňují elektrické články. Základní Kostka, srdce a mozek celého robota, má z těchto všech součástí, kvůli šesti alkalickým bateriím, největší hmotnost o hodnotě 317 gramů. Tím pádem je tato součást asi tím nejlepším řešením na umístění těžiště do zad modelu způsobem, že se kostka bude nacházet níže v nejzazší části robota.

Další krok je mobilita. Robot se musí nějak pohybovat. Já mám jako možnost si vybrat mezi gumovými koly a gumovými pásy. Kola by umožnila rychlejší přesun po povrchu, ovšem by nezaručila dobrý systém otočení modelu na jednom místě bez potřeby couvání a větší spotřeby energie. Kvůli tomuto problému jsem si zvolil gumové pásy. Robot sice ztratí na rychlosti, ale díky měkké gumě dobře přilne k povrchu a bude mít lepší manévrovací schopnosti než kolová varianta. Robota budou pohánět dva velké servomotory. Které budou opět pro stabilitu robota posazeny do výšky pásů, čímž by model měl podvozkem docílit nízkého profilu.

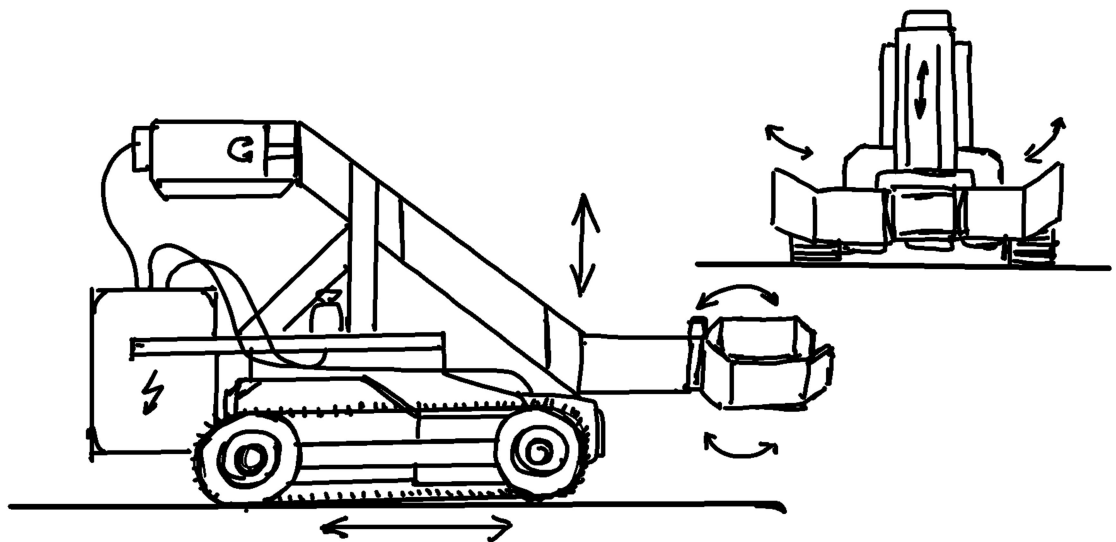
Robot by se měl pohybovat podle nějaké dráhy, či programu. K rozšíření jeho možností bych chtěl k návrhu připočítat také barevný senzor, který má schopnost rozpoznat intenzitu světla, díky čemuž může podávat informace o tom, jaká barva je před ním. Když se natočí tak, aby mohl snímat barvu země, je teoreticky možné, že když je na povrchu pod robotem vyznačena dráha, tak by ji mohl následovat, což se dá zařídit správným naprogramováním. Tím pádem nainstalují tento senzor doprostřed modelu, aby mohl jezdit podél dráhy ve své středové ose, pokud bude potřeba.

Rameno má tvořit důležitou část funkce robota. Bude zvedat docela těžké předměty a bude je muset držet ve vzduchu při převážení. Tím pádem se bude muset rameno vypořádat s udržením předmětu pevně ve vzduchu i přes otřesy při jízdě.

Rameno by mělo být pevně přichyceno k podvozku robota, aby se nijak neohýbalo, nebo nevyvracelo. Plánuji rameno poháněné jedním středním elektromotorem, jak kvůli spotřebě energie, tak kvůli vyvážení robota. Běžná robotická ramena mají instalovaná více elektromotorů pro různé schopnosti pohybu, jenž by jeden motor měl problém zvládat i s vyřešenými převody. Mé rameno plánuji sestavit tak, aby mělo jednoduchý pohyb. Musí sevřít předmět a zvednou ho do vzduchu, aby se dal převést.

V mém rameni, bude elektromotor posazen na zadní části ramene opět pro účel vyvážení. Navíc bude nutné ho mít umístěný v zadní části kvůli převodům, jelikož povedu převody podél celého ramene. Od motoru bude vést šroubovice, neboli šnek pohánějící jedno ozubené kolo, kvůli pojistce, aby se motor po ukončení procesu neprotočil pod vahou předmětu zpět, jelikož nemá žádnou předinstalovanou brzdu pro takové případy. Dále bude proces převodů pokračovat zjednodušením páky, která povede lehce nad ramenem a bude napojená na další větší ozubené kolo. Převod dále pokračuje přes další ozubená kola, přičemž jedno z nich bude uprostřed jednoho kloubu ramene a poslední bude napojeno na svírací kleště. Tímto způsobem by se měly po spuštění elektromotoru sevřít nejprve kleště. Až se kleště sevrou, převod by se měl do úrovně kloubu zablokovat a pevně sevřít. Dále díky páce by se mělo rameno gyroskopicky začít zvedat. Teoreticky by se tak měl předmět převážet ve stejné úrovni posazení, jako byl na počátku ještě před uchopením.

Kleště ramena by měla být vodorovně svírající. Kleště se budou svírat pomocí převodu ozubených kol, který bude současně pohybovat i celým ramenem. Předmět by měli svírat obvodově z boků a pro přilnavost kleští budou vybaveny gumou, která přilne k tělesu lépe jak původní plast.



Obr. 1: Návrh z profilu a zepředu

4 PRAKTICKÁ ČÁST

Zde v této části ročníkové práce popíši veškeré provedené kroky při mé stavbě manipulačního robota, problémy, na které jsem při řešení narazil, programování, jeho vlastnostmi a testování.

Robot byl odhadován na využití základní kostky, dvou velkých elektromotorů, jednoho středního elektromotoru, infračerveného senzoru, barevného senzoru schopného rozpoznávat i intenzitu světla a dotykového senzoru. Později se dalo potvrdit, že všechny tyto elektrotechnické součásti mi byli dostupné. O nedostatek konstrukčních lego-dílů se nebylo nutné strachovat. Od dětství již vlastním dvě základní balení stavebnice LEGO Mindstorms EV3 a několik dalších stavebnic LEGO Technik. Tím pádem nebylo třeba vymýšlet další varianty návrhu.

Programování robotů Mindstorms EV3 funguje podobně jako u svého předchůdce NXT přes software LEGO MINDSTORMS Educational pro verzi EV3. Tento software funguje na principu GUI programování, graphicals user interface, neboli v překladu grafické uživatelské prostředí. Při kapitole „Programování“ jsou přidány obrázky schématu programu a připsané problémy zjištěné při procesu programování stejně tak jako jejich vyřešení.

4.1 Popis, návrhem určených, elektrotechnických komponentů

Základní kostka je hlavní část celého modelu. Má schopnost nahrát do sebe program, nebo ho přímo v ní vytvořit přes její rozhraní ovládání. Dokáže napájet a ovládat až čtyři elektromotory a 4 čtyři další senzory.

Velký elektromotor dokáže na sto procentech výkonu dosáhnout sto šedesáti otáček za minutu a střední elektromotor při stech procentech až necelých 230 otáček za minutu, za podmínek plně nabitých baterií. Rychlost elektromotorů byla měřena přes zpomalenou kameru.

Infračervený senzor dokáže díky svému infračervenému portu měřit vzdálenost mezi sebou a objektem před ním. Jeho přesnost měření má občas odchylky necelého půlcentimetru. Vzdálenost udává od jednoho centimetru až po sto centimetrů.

Dotekový senzor funguje jednoduše. Zaznamenává signál, ať už je jeho tlačítko stlačené, nebo ne. Nemá problém s vysoce rychlou změnou stiskávání.

Barevný senzor je nejspíše jedna z nejsložitějších součástí stavebnice LEGO Mindstorms. Tento senzor je určen pro rozpoznávání osmi druhů barev předmětů, nebo jeho druhá funkce je rozpoznávání intenzity odrazu světla. Senzor musí být pro navigaci robota při řízení instalován směřující dolů směrem na povrch pro možnost jeho snímání. Jeho vzdálenost od povrchu je doporučena od dvou desetin centimetru po jeden centimetr od země. Intenzitu světla určuje pomocí své červené diody a zároveň světla z okolního prostředí. Hodnota intenzity se udává od jedné po sto. Čím je číslo menší, tím je předmět tmavší. Čím je číslo větší, tím světlejší je.

4.2 Stavba robota

Počátky stavby robota spočívají v podvozku. Vyplynutím z návrhu se jedná o podvozek složený z nejtěžších a zároveň největších součástí stavebnice, jsou tedy vhodné pro udržení stability robota. Podle nich je třeba se řídit a je většinou nejjednodušší od nich začínat. Zvolil jsem si zprvu dva elektromotory, které budou sloužit jako pohonné jednotky. Motory jsou nízko u země a sami sobě dosti vzdálené, a proto je třeba mít podvozek pevně vyztužený. Je podle návrhu potřeba zakomponovat do podvozku i základní kostku, jenže bylo dosti obtížné vymyslet, jak ji přidělat. Proto je její instalace odložena na později. Váha robota bude posazena pouze na dva pásy a u toho hrozí, že se bude podvozek prohýbat a jeho funkčnost a výdrž by tak byla v celku ohrožena. Tím pádem bude třeba pozměnit jeho konstrukci a o něco ho zvýšit, než je v původním návrhu. Na horní stranu motorů, kde je původně plánována konstrukce ramene, se dá přidělat delší díl, který by měl výrazně zvýšit pevnost podvozku. Rameno bude potřeba vymyslet přidělat jinak.

Řešení podvozku zabralo více času i problémů, než se kterými se počítalo. Rozmístění senzorů, zpevnění a celková fixace, a nakonec vymyšlení míst pro uchycení ramene. Zpevnění podvozku se nakonec vyřešilo přiděláním tří jedenácti bodově dlouhých dílků. To vytvořilo celkem odolnou konstrukci. Bylo zapotřebí vymyslet uchycení ramene. Našlo se místo zhruba na čtyři body, na kterých by mělo rameno držet. Tyto body samy o sobě ještě zpevňují podvozek robota. Tím pádem by už mohl být problém s podvozkem zažehnán.

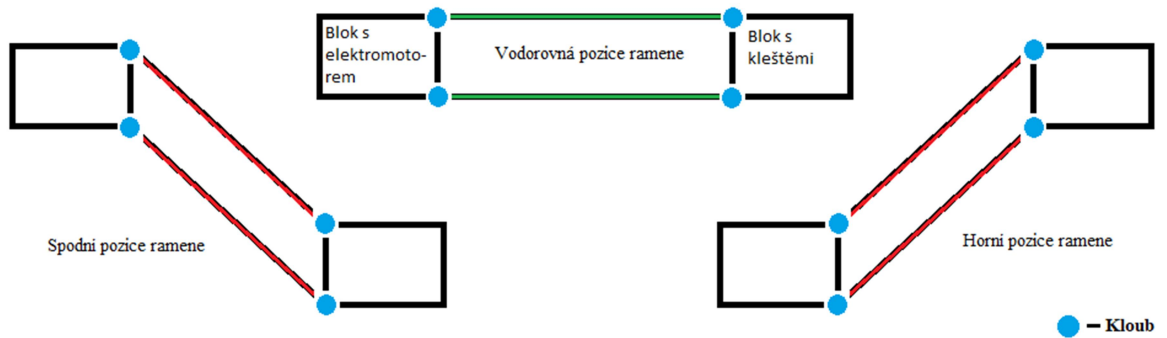
Byl předinstalován dotykový senzor zhruba doprostřed mezi díly uchycující rameno. Slouží k zastavení ramene při dosažení jeho maximální hranice zdvihání. Tato funkce se později přidá do programu pro automatický běh robota.

Nápady pro zakomponování základní kostky stále nejsou, a tak se její instalace nejspíše přesune až na konec po stavbě ramene.

Rameno se skládá celkem ze tří hlavních bloků. Pohonný blok se středním elektromotorem a šroubovým dílem, prostřední blok vybavený ozubenými koly a blok se svírajícími kleštěmi a infračerveným senzorem. Celkový dojem z ramene by měl vyplývat z funkce vah. Pohonný blok a blok s kleštěmi se budou pohybovat vždy v opačném směru pohybu navzájem. Důležité je, že si budou stále udržovat vodorovnou polohu.

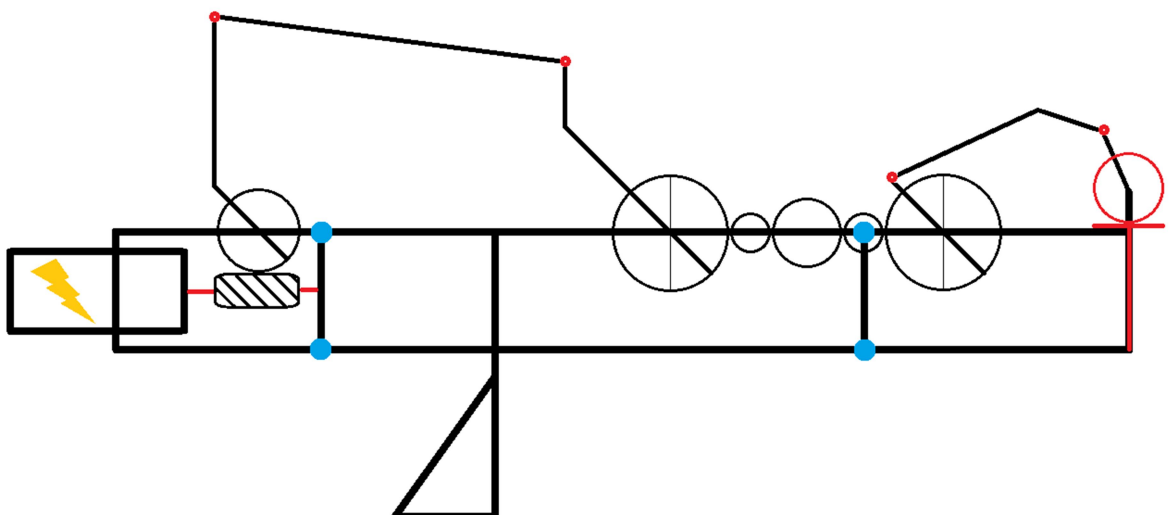
Stavba ramene začíná směrem odzadu. Tedy od bloku se středním elektromotorem. Tento blok je zde vymyšlen tak, aby v sobě upevňoval elektromotor, a z něj vedoucí hřídel se šroubovým dílem roztáčející ozubené kolo. Je tu ovšem i možnost užití silnějšího motoru, ovšem u něj je riziko, že bez šroubového dílu nebude rameno moci udržet těžší předmět ve vyzvednuté pozici, jelikož motor není vybaven žádnou součástí určené pro udržení motoru v určité pozici po jeho vypnutí. Tím pádem by rameno opět pokleslo k zemi. Bylo by hloupé nechat motor neustále spuštěný a usilovně se snažící neustále vyzvedávat rameno. Navíc by takový blok převodů se silnějším elektromotorem zabral dvakrát více místa jak se středním.

Převod od elektromotoru po kleště je střídan za sebou umístěnými ozubenými koly a dvou pák. Prostřední blok má obdélníkovou konstrukci uchycenou zhruba uprostřed třetí čtvrtiny na konstrukci pro udržení ramene. Klouby upevňující tento středový blok se sobě úhlem sklonu vždy rovnají neohledě na polohu ramene. Názorné zjednodušení funkčnosti prostředního bloku je zobrazeno na následujícím obrázku č.1.



Obr. 2: Schéma kloubové manipulace ramene

Blok s kleštěmi by měl být řešen s úvahou. Je to díl posazený na nejpřednější části modelu robota. Bude zvedat těžší předměty k čemuž se ještě přidá jeho vlastní váha. Kvůli tomu je sestaveno hlavně ze čtyř pevně spojených dílů a vyztužených kleští s gumovými prvky pro lepší přilnavost k povrchu předmětů při uchopování. Kleště se stahují pákou uchycenou na hřídeli posledního ozubeného kola převodu umístěného na předním bloku. Páka k němu přidělaná z boků otáčí s hřídelí, která svou rotací a křížovými díly se zakulacenými konci pohybuje s rameny kleští. Celý mechanický systém vyobrazen na obrázku č.2.



Obr. 3: Mechanický systém ramene

Základní kostka se jako nakonec vyřešila přidáním na zadní část robota, a pro její zajištění byly použity díly, které jí zafixují jak zezadu, tak nahoře nad úroveň displeje.

Celková stavba ramene byla asi nejsložitější. Narazilo se na několik problémů, které bylo třeba vyřešit případným úplným rozebráním určitých bloků. Například špatné délky dílů, nebo třikrát měněná všechna ozubená kola, pro dosažení nejlepší schopnosti mechaniky ovládat rameno.

4.3 První test spuštění

Po zapojení veškeré kabeláže bylo načase spustit robota. Po spuštění základní kostky se spustí hlavní nabídka, kde jsou zobrazené záložky s uloženými programy, zástupní ikony pro jejich spuštění, kontrolní programy robota a nastavení.

V záložkách s uloženými programy jsou už od továrního nastavení uložené programy na ovládání základních modelů robotů v přidaném návodu v balení. Programy jsou zde určeny pro roboty s názvy TRACK3R, SPIK3R a EV3RSTORM.

V kontrolních programech se nacházejí možnosti pro kontrolu konektorů, kde se dá zkontrolovat, jaký motor, či senzor je spojen s jakým konektorem. Dále je zde Infračervený program umožňující ovládat robota na dálku ovladačem s infračerveným portem za předpokladu, že robot mák sobě připojen infračervený senzor.

Dále následuje program na kontrolu elektromotorů, možnost vytvoření jednodušších programů, a křivka kostky.

V posledních možnostech nastavení je nastavení hlasitosti kostky, režim spánku, nastavení Bluetooth a Wifi a dále výrobní údaje.

První zkouška probíhala přes program na kontrolu elektromotorů. Rozhraní ovládání se dalo ověřit přes stlačení tlačítek přiřazených k jednotlivým konektorům. Zkontrolovalo se co bylo potřeba, jen nebylo moc jasné, proč motory mají tak nízkou rychlost otáček. Po chvíli se na kostce zobrazilo, že baterie jsou téměř vybité. Stačilo tedy vyměnit jen baterie.

Elektromotory nyní fungují jak mají. Další krok byla zkouška ovládání na dálku. Tím pádem bylo potřeba spustit Bluetooth v nabídce nastavení. Dalším krokem bylo potřeba spárovat chytrý telefon se základní kostkou. V telefonu je potřeba mít nainstalovanou aplikaci LEGO MINDSTORMS Commander která je volně dostupná jak na aplikaci Google Play pro systém android, tak na aplikaci AppStore pro iOS. Pro zkušební jízdu a manipulaci s robotem bylo použito přednastavené ovládání pro robota TRACK3R.

Po zhruba patnácti minutách zkušební jízdy bylo téměř vše v pořádku až na mírné zadrhávání ramene při jeho zvedání. To se vyřešilo zpevněním daného dílu, který se při zátěži mírně ohýbal a narážel do konstrukce držení ramene. Další problém byl i nakonec v síle ramene.

Samotný střední elektromotor nebyl zcela schopen uzvednout bez potíží těžší předměty nad čtvrt kilogramu. Tento problém se vyřešil instalováním druhého středního elektromotoru silově napomáhající prvnímu. Robot bude mít sice větší spotřebu, zato bude schopen uzvednout i těžší předměty.

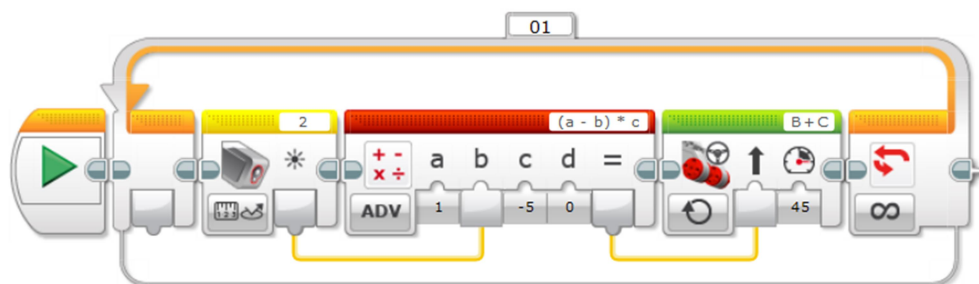
4.4 Programování

Program robota by měl být jeden z hlavních bodů této ročníkové práce. Ačkoliv je možné robota ovládat manuálně, hlavním cílem je uvést robota do automatického provozu. Společnost Lego vytvořila pro svou stavebnici speciální software pro tyto situace. Jedná se o software na programování robotů Lego Mindstorms s přídatkem „Educational“ ve jméně. V tomto softwaru lze naprogramovat model robota způsobem GUI, neboli grafické uživatelské prostředí. Tento typ programování spočívá přímo v tomto programu bublinami s příkazy, které mají schopnost se na sebe vázat a tvořit kód pro programování. Tento styl se dá využít jako jednoduchá náhrada za jiné komplexnější programovací jazyky a je též vhodnější pro nižší věkové kategorie. Program LEGO MINDSTORMS Educational obsahuje bloky v kategoriích akce, příkazy, senzory, datové operace, rozšířené a vlastní. V kategorii akcí se nachází bloky výhradně pro ovládání elektromotorů, dále displej, zvuk a barevné podsvícení tlačítek na základní kostce. V další kategorii příkazů se nachází blok start, čekat, opakovat, změnit a přerušit. Dále v kategorii senzorů se nachází nastavení pro každý senzor, co stavebnice EV3 může obsahovat s přídatkem časovače a měření otáček. V posledních dvou kategoriích, datové operace, rozšířené a vlastní se nacházejí bloky pro početní a logické funkce, zapisování dat a ostatní, které si můžete například vytvořit sami.

Program pro tohoto robota je specificky určen. Robot musí být schopen se pohybovat podle předem vyznačené dráhy, najít určený předmět pro převoz, uchopit jej, a dovézt ho zpět na místo, kde robot začal. Pro zakončení by se mohl ještě i otočit o 180° zpět. Tímto návrhem se určil první krok, a to vymyšlení programu pro navigaci robota po trase.

Robot ze série stavebnice Lega Mindstorms, aby viděl kam má jet, může využít hned několik možností. K tomuto procesu se dá využít senzorů jako je například infračervený, nebo ultrazvukový senzor, které dokáží rozeznat vzdálenost překážky před sebou a podle jejich určené vzdálenosti určit další průběh cesty. Poté tu je možnost využít barevný senzor, který dokáže určit pohyb ať už rozpoznáváním barev, tak určováním intenzity světla, která se dá využít při rozlišování barvy dráhy od barvy jiného povrchu. Poslední možnost se zde nachází pouhé naprogramování s časovými mezerami. V případě tohoto projektu bude využít barevný senzor, který bude snímat dráhu pod sebou.

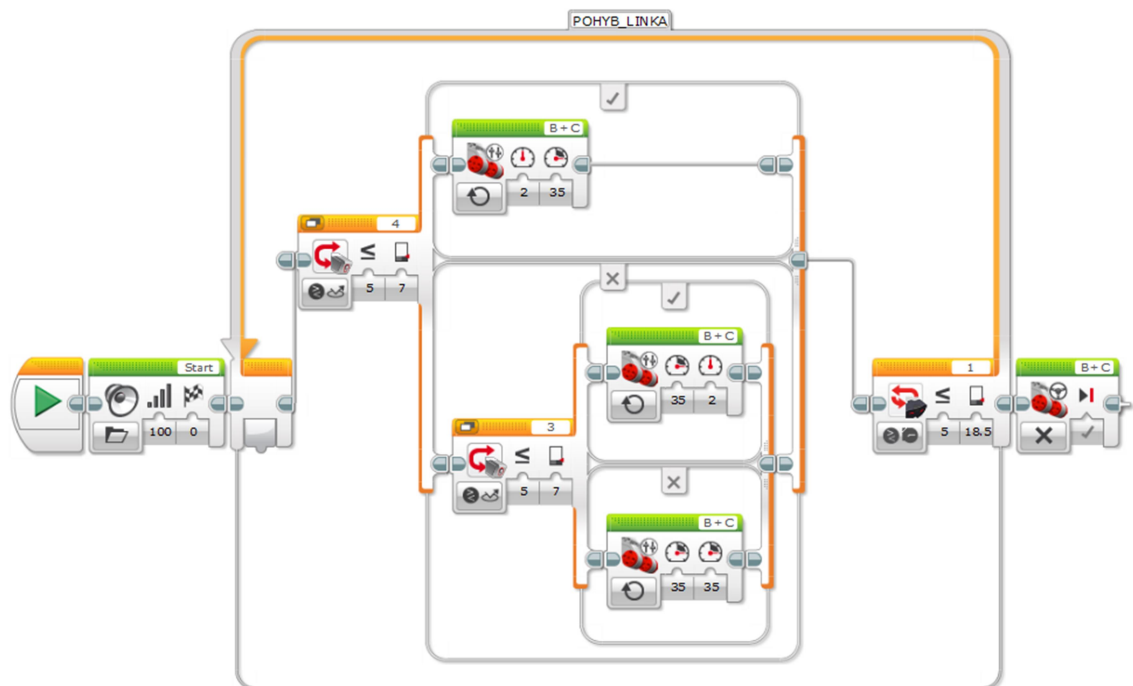
Program začíná na příkazu start. Při následujícím kroku je důležité zamyslet se, co vlastně chceme. Robot by měl rozeznávat černě vyznačenou dráhu na bílém podkladu, tím by měl mít barevný senzor nejmenší problém rozeznat intenzitu světla. Chceme, aby se senzor pohyboval po černé čáře, a kdyby robot vybočil a senzor začal snímat větší hodnotu odrazu, aby se vrátil zpět a pokračoval po dráze. Tedy v programu by měla být vytvořena situace: Pokud senzor zaznamená větší intenzitu, zahne zpět na dráhu. Zde se ale vyskytuje také první problém. Když je v programu, že když senzor vybočí nalevo od dráhy, a že zabočí doprava, aby opět chytil správnou nižší intenzitu odrazu světla, tak ovšem nebude fungovat tento proces při situaci, když se robot vychýlí z dráhy doprava, tak tento program bude fungovat dále, a robot se bude snažit hledat dráhu napravo od něj. Ukázka tohoto programu bude následovat na následujícím obrázku. Vzorec $(a - b) * c$ v rozšířeném matematickém bloku znázorňuje výpočet pro cestu robota po dráze s jednou zatáčkou. Neznámá „a“ značí původní hodnotu intenzity světla dráhy. Hodnota neznámé „b“ je určena senzorem v dané chvíli průběhu snímání. Hodnota neznámé „c“ je násobič určený pro intenzitu zabočení. Čím větší, nebo menší má neznámá „c“ hodnotu, tím ostřeji dokáže robot zatáčet ať už doprava (kladný výsledek), tak doleva (záporný výsledek). Výsledek je určen na automatické zadávání do bloku řízení regulace otáček elektromotorů B a C. Písmena B a C určují konektory, do kterých je daný motor zapojen. Stejně tak číslo 2 v bloku barevného senzoru. Tento program nebude v konečném zpracování využit.



Obr. 4: Ukázka možnosti programu pro řízení se podél dráhy jedním směrem

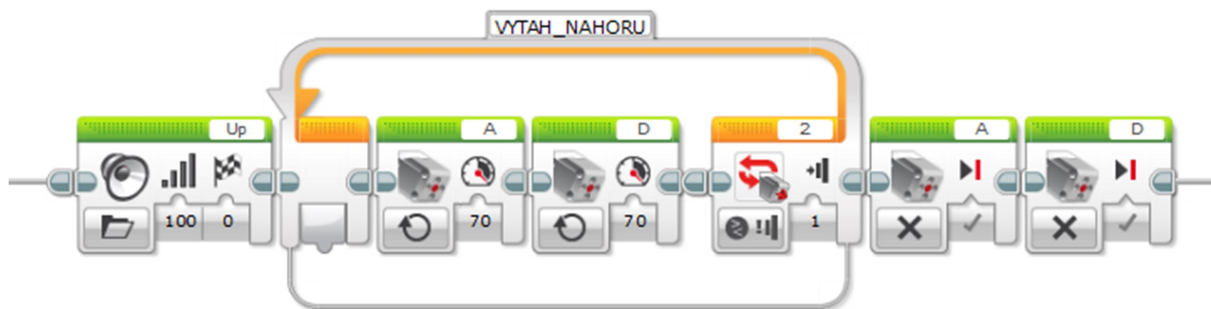
Když bude potřeba tento proces vykonávat současně, je potřeba použít dva barevné senzory. Každý z nich bude hlídat jednu stranu. Ovšem v tom případě nelze použít tento program v sériovém zapojení. Je potřeba vymyslet paralelní program, který bude vytvořen na základě podmínky: Když se levý senzor vychýlí doleva od dráhy, robot zatočí doprava, a když se pravý senzor vychýlí doprava od dráhy, robot zatočí doleva. Pro tento proces je potřeba využít prohazovací blok s podmínkou: Když bude hodnota intenzity světla menší, nebo rovna hodnotě 7, neboli maximální odchylka od hodnoty intenzity světla tmavé dráhy, vyhodnotí se hodnota jako pozitivní, a pokračuje dále do spodního pole. Pokud hodnota přesáhne hodnotu o velikosti 7, podmínkový blok vyhodnotí tuto hodnotu jako negativní a program pokračuje

dále horním polem. V polích jsou zakomponované bloky s předurčenými výkonnostními poměry pro chod pohybu. Celý proces se opakuje dokud robot nepřekoná dráhu k danému cíli, neboli objektu, který bude muset převést na zpět. Tuto funkci má na svědomí infračervený senzor, umístěný na podvozku, měřící vzdálenost objektů před robotem. Když objekt bude dostatečně blízko robotu, tedy o hodnotě stejné, nebo menší než 18,5, robot se zastaví. V této fázi se vyskytoval častý problém. Infračervený senzor často při zatáčení začal snímat vzdálenost od povrchu před sebou, kvůli vibracím, a tak se razantně měnila hodnota měřené vzdálenosti. Program v těch případech bylo potřeba umístit výše, aby se dalo tomuto problému zamezit, nebo ho alespoň minimalizovat. Pro efekt byl dosazen zvukový blok s hlasovou nahrávkou „Start“.



Obr. 5: Úsek programu pro řízení podél dráhy s ukončením pomocí IR senzoru č.1

Poté, co infračervený senzor zjistí objekt před robotem, a motory se zastaví, je třeba pokračovat dál. Je uchopit a vyzvednout objekt. Dva střední Elektromotory v konektorech A a D mají na starosti pohyb ramene. Stačí tedy jen sepnout oba motory, aby začali svírat předmět a zvedli ho. K tomu postačí dva bloky pro střední elektromotory s nastavenou hodnotou výkonu. V jisté fázi, kdy bude potřeba elektromotory zastavit, je umístěn vzadu od ramene dotkový senzor, které ho se rameno dotkne v průběhu klesání. Senzor zaznamená dotyk, a poté se proces se zvedáním objektu vypne. Opět byl přidán zvukový blok s hlasovou nahrávkou „Up“ pro vizuální oddělení určitých procesů programu.



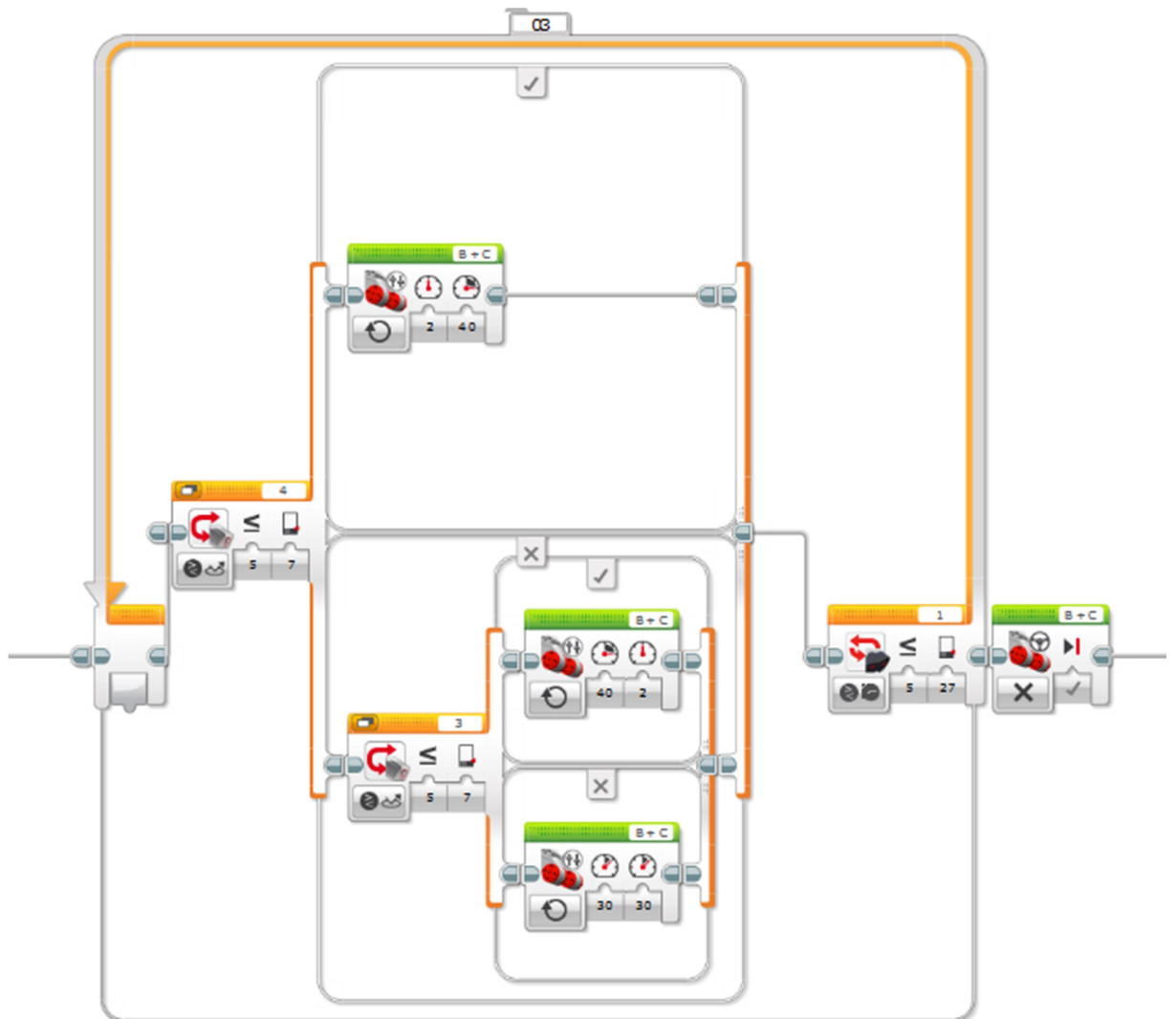
Obr. 6: Úsek programu zvedání ramene a ukončení pomocí dotekového senzoru

Následujícím krokem po uchopení objektu bude potřeba robota otočit. K tomu by měl posloužit blok akce pohybu, kde je možnost nastavit směr a výkon obou velkých elektromotorů. Je tu ovšem háček. Robot se musí otočit na dráze a bude muset být schopen se na ní opět navázat pomocí barevných senzorů. Kdyby se robot otočil na zabočujícím úseku dráhy pouze o 180°, tak by se nemusel na ni zpět dostat, a ztratil by navigaci. Je potřeba tento problém vyřešit. Nabízí se zde možnost, že když se robot bude otáčet například doleva, barevný senzor na jeho levé straně bude schopen zaznamenat, kdy mine lajnu dráhy. Tedy robot se bude otáčet doleva a mezitím bude fungovat barevný senzor čekajíc na signál od zaznamenání černé barvy, a aby se robot narovnal, bude moci po zaznamenání černé barvy lajny dráhy pokračovat dál, a jakmile zaznamená změnu barvy, zastaví se. Bloky pohybu budou odděleny bloky příkazu „čekat, dokud barevný senzor nezachytí černou barvu. Nadále čekat na změnu barvy pro zastavení procesu otáčení.“ Program je na začátku oddělen zvukovou nahrávkou „Left“.



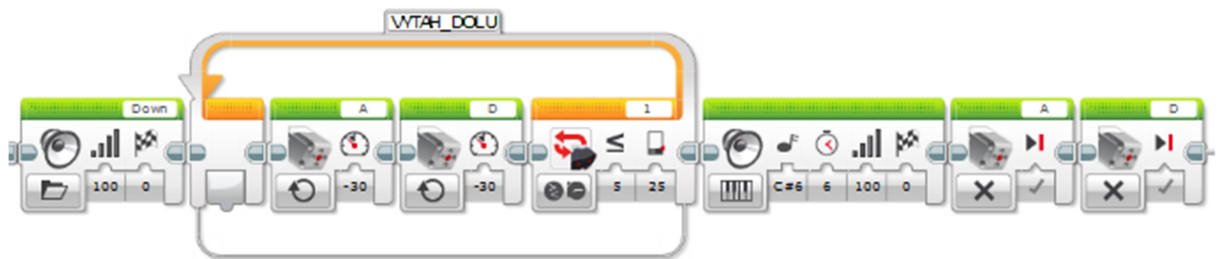
Obr. 7: Úsek programu otočení zpět

Program by měl dále pokračovat poježděním robota po trase až k určité překážce. K tomu poslouží takřka stejná část programu, jako v předešlé části o poježdění robota po dráze. Díky spolupráci dvou barevných senzorů a motorů projede robot podél dráhy a před překážkou se robot zastaví. Jenže, když robot bude pokládat objekt zpět na zem, bude ho pokládat před sebe, a tak je třeba nastavit infračervený senzor na detekci už z větší vzdálenosti. V programu bude zadána hodnota vzdálenosti na 27. Robot tak při pokládání předmětu bude mít ještě dostatečnou prostorovou rezervu před překážkou.



Obr. 8: Úsek programu pro řízení podél dráhy s ukončením pomocí IR senzoru č.2

Pro schopnost spuštění ramene je princip podobný jako při jeho zvedání, ovšem není do něj nijak zakomponovaný dotekový senzor, který by když tak zaznamenal rameno na jeho možné hranici pohybu. Jako lepší možnost jak nastavení počet stupňů otáček motoru pro zjištění hranice, či časovač, se zde nachází využití infračerveného senzoru. Objekt, když je držen ramenem, není držen úplně od spodní části, ale zhruba v pěti centimetrech výše. A právě těch pět centimetrů je v prostoru snímání infračerveného senzoru. Program spuštění objektu by se tedy teoreticky dal zastavit časovačem od chvíle zaznamenání spouštěného objektu. Jako časovač je použit například zvukový blok. Na bloku je nastavena hodnota času, zrovna zde šest vteřin, která je zde potřeba při rychlosti spuštění ramene a plné rozevření kleští.



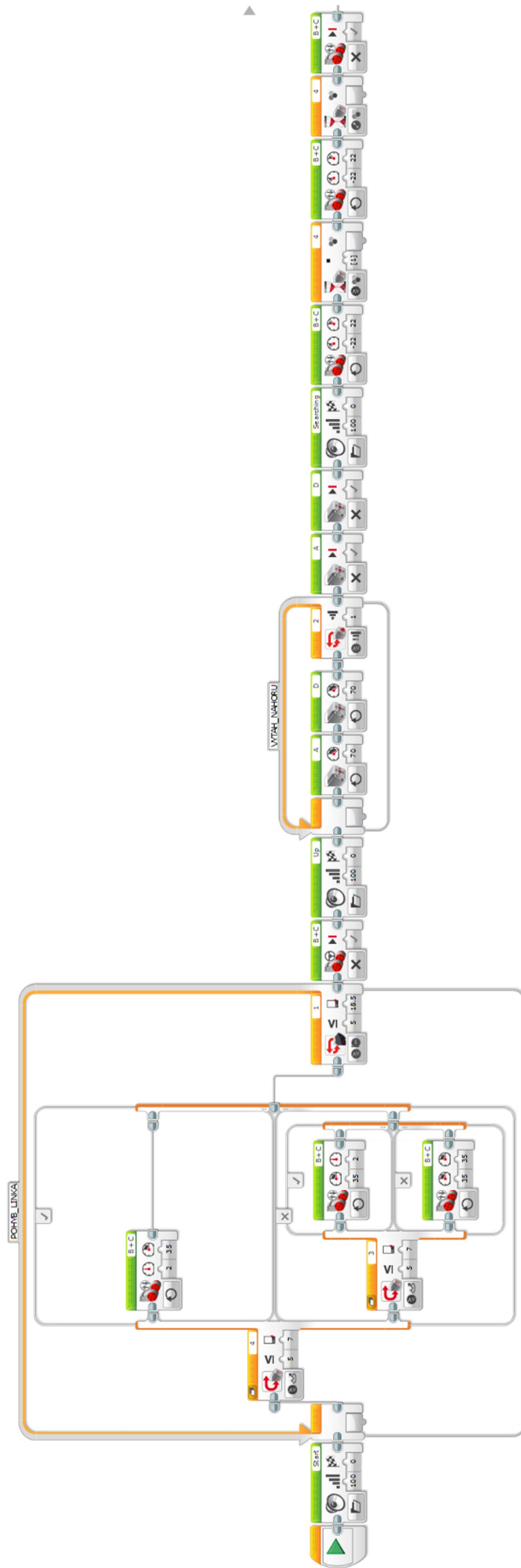
Obr. 9: Úsek programu zaznamenání překážky a položení objektu

Poslední část programu je o zacouvání robota od položeného objektu zpět opětné otočení ve směru jízdy a zakončení programu. Tato část už jde celkově jednodušeji jak předešlé operace. Pro proces couvání se využije blok pro kontrolu pohonu elektromotorů B a C. Jejich hodnoty budou nastaveny na záporné hodnoty pro zpětný chod, a zároveň se na možnosti časovače tohoto bloku nastaví průběh po dobu dvou vteřin. Tato doby by měla postačit pro zacouvání robota na takovou vzdálenost, aniž by při následujícím kroku otáčení narazil kleštěmi do předem položeného objektu. Algoritmus pro otočení robota se bude odehrávat podobně jako na předešlém principu po uchopení a vyzvednutí objektu ramenem, se změnou směru otáčení. Robot se bude otáčet na místě ve směru doprava, a funkce barevného senzoru bude zaměněna z levého na pravý senzor. Po zaznamenání změny barvy dráhy z černé na bílou se řízení elektromotorů zastaví, a program se pomocí posledního bloku vypne.



Obr. 10: Úsek programu couvání, otočení a ukončení programu

Na dalších dvou stránkách následuje zobrazení schématu celého programu. Díky tomuto programu je robot schopen splnit účel sestrojení.



Obr. 11: 1. polovina programu

4.5 Parametry a vlastnosti robota

Zde, v této krátké sekci budu sepsány fyzické parametry robota, jako je například délka, výška a váha. Ve vlastnostech jeho schopnosti. Ke konci jeho stručný popis nedostatků.

4.5.1 Parametry

Délka = 36,5 cm

Výška = 24 cm

Šířka = 20 cm

Maximální délka = 45 cm

Maximální výška = 29cm

Maximální šířka = 22cm

Váha modelu =

4.5.2 Vlastnosti

Rychlost = $0,153 \text{ m/s}^{-1}$

Maximální nosnost (při plně nabitých bateriích) = 350g

Doba zvedání ramene = 6s

Doba spuštění ramene = 4,20s

Rychlost otočení (360°) = 4s

4.5.3 Nedostatky

I když je robot na svojí velikost celkově lehký, jeho podvozek není ještě dokonale sestaven a prohýbá se i bez převážení objektu. Při zatáčení se pásy občas vyvlékají z kol z důvodu přilnavosti k povrchu. I když má nyní robot na ramenu zapojeny dva střední elektromotory, jejich síla není stále dostatečná a robot by si zasloužil více výkonné elektromotory. Robot se při pohybu ztelně třese.

5 ZÁVĚR

Za druhé pak musí provést diskuzi dosažených výsledků. Formulujte také možné návaznosti práce jako inspiraci pro někoho, kdo by ve vaší činnosti chtěl pokračovat.

V úvodu práce jsem si vytkl za cíl navrhnout, sestavit a naprogramovat robota ze stavebnice LEGO Mindstorms EV3. Z tohoto byl sestaven robot pojízdný na pásech s mechanickým ramenem s pogumovanými kleštěmi vlastními tři druhy senzorů: barevný, infračervený a dotykový senzor. Robot je díky dvěma barevným senzorům schopen pojíždět podél barevně odlišné dráhy od podkladu. Infračervený senzor zjišťuje vzdálenost od předmětu určeného k uchycení a převezení na místo určení. Rameno je poháněno pomocí dvou středně výkonných elektromotorů. Celkově se robot dá ovládat ať už přes dálkové ovládání, či přes chytrý telefon s Bluetooth a aplikací LEGO MINDSTORMS Commander, nebo využít možnosti naprogramování přes program LEGO MINDSTORMS Educational. V tomto projektu byl vytvořen program přímo pro tento model robota. Jeho úkolem je dojet po dráze k objektu, uchopit jej, otočit se, dojet po dráze zpět, a před překážkou objekt položit na zem. Při programování se objevilo pár problémů, například špatné umístění infračerveného senzoru, který po vibracích vyvolaných jízdou robota začal snímat zem, a tím se jeho snímaná vzdálenost rapidně snížila. Nakonec je tento robot plně funkční a jeho program využívá velikou podstatu jeho schopností.

Skvělou možností pro zlepšení tohoto modelu by byla třeba možnost rozšířit kapacitu baterií, což by mohlo výrazně napomoci výdrži i síle elektromotorů. Dále je docela těžké vymyslet co dalšího by se dalo vymyslet na této stavebnici. Snad silnější elektromotory, přidání senzoru s kamerou a vylepšení displeje základní kostky. Další možností by byla nestavět robota ze stavebnice a nebít tak omezené možnosti při vymýšlení jeho schopností. Myslím si, že tento amatérský projekt by mohl být v budoucnu zpracován na profesionální úrovni. Obor, z něhož se tato práce odvíjí je dnes velmi využívaný a třeba se jednoho dne stane nedílnou součástí našich životů.

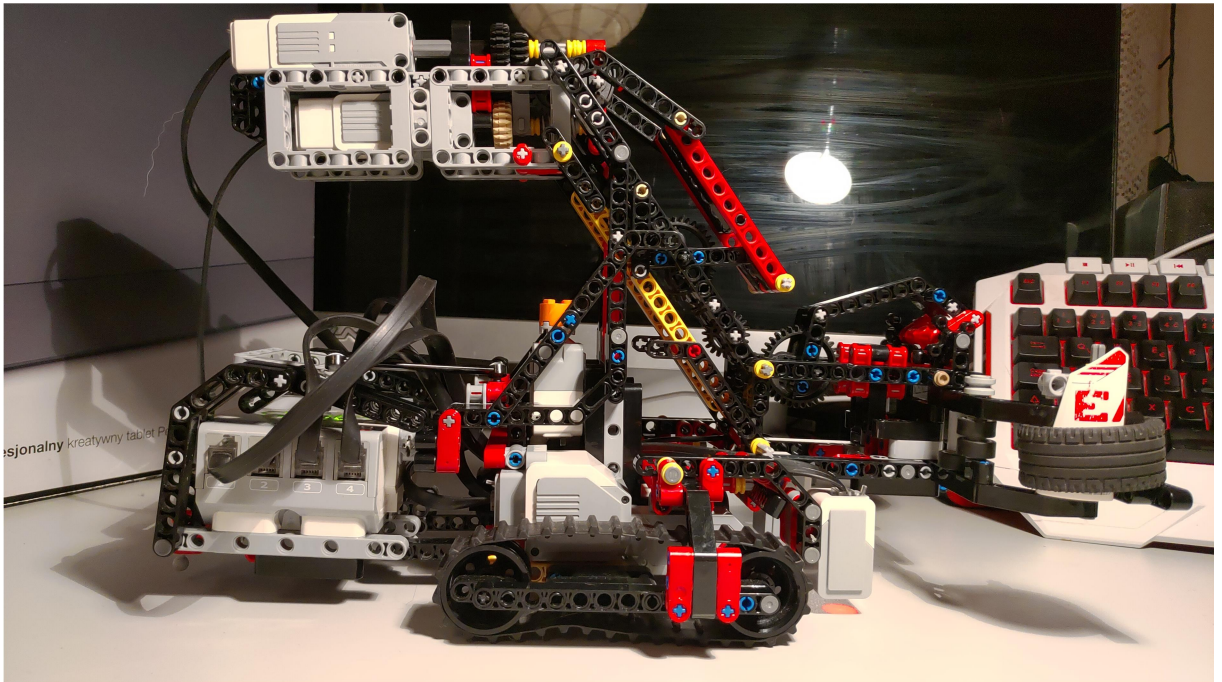
6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Download User Guide. *LEGO* [online]. Enfield: LEGO Brand Retail, 2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://www.lego.com/cs-cz/mindstorms/downloads/user-guide>
- [2] EV3 Intelligent Brick. *LEGO SHOP* [online]. Enfield: LEGO Brand Retail, 2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://shop.lego.com/en-US/EV3-Intelligent-Brick-45500>
- [3] EV3 Infrared Sensor. *LEGO SHOP* [online]. Enfield: LEGO Brand Retail, 2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://shop.lego.com/en-US/EV3-Infrared-Sensor-45509>
- [4] EV3 Colour Sensor. *LEGO SHOP* [online]. Enfield: LEGO Brand Retail, 2018 [cit. 2018-12-10]. Dostupné z: <https://shop.lego.com/en-US/EV3-Color-Sensor-45506>
- [5] *Využití stavebnice LEGO pro samostatnou činnost žáků ve výuce předmětu Automatizační technika na SŠ*. Olomouc, 2015. Diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Vedoucí práce Mgr. Martin Havelka Ph.D.

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|---|----|
| Obr. 1: Návrh z profilu a zepředu..... | 9 |
| Obr. 2: Schéma kloubové manipulace ramene..... | 12 |
| Obr. 3: Mechanický systém ramene..... | 12 |
| Obr. 4: Ukázka možnosti programu pro řízení se podél dráhy jedním směrem..... | 15 |
| Obr. 5: Úsek programu pro řízení podél dráhy s ukončením pomocí IR senzoru č.1..... | 16 |
| Obr. 6: Úsek programu zvedání ramene a ukončení pomocí dotekového senzoru..... | 16 |
| Obr. 7: Úsek programu otočení zpět..... | 17 |
| Obr. 8: Úsek programu pro řízení podél dráhy s ukončením pomocí IR senzoru č.2..... | 18 |
| Obr. 9: Úsek programu zaznamenání překážky a položení objektu..... | 19 |
| Obr. 10: Úsek programu couvání, otočení a ukončení programu..... | 19 |
| Obr. 11: 1. polovina programu..... | 20 |
| Obr. 12: 2. polovina programu..... | 21 |
| Obr. 13: Fotka modelu z profilu..... | 26 |
| Obr. 14: Fotka modelu zepředu..... | 26 |
| Obr. 15: Fotka modelu z profilu - zvednuté rameno..... | 27 |
| Obr. 16: Fotka modelu zespoda..... | 27 |
| Obr. 17: Fotka mechanismu ozubených kol ramene..... | 28 |
| Obr. 18: Fotka dvou barevných senzorů a infračerveného senzoru..... | 28 |
| Obr. 19: Fotka dvou středních elektromotorů na zadní části ramene..... | 29 |
| Obr. 20: Fotka dotekového senzoru pod ramenem..... | 29 |

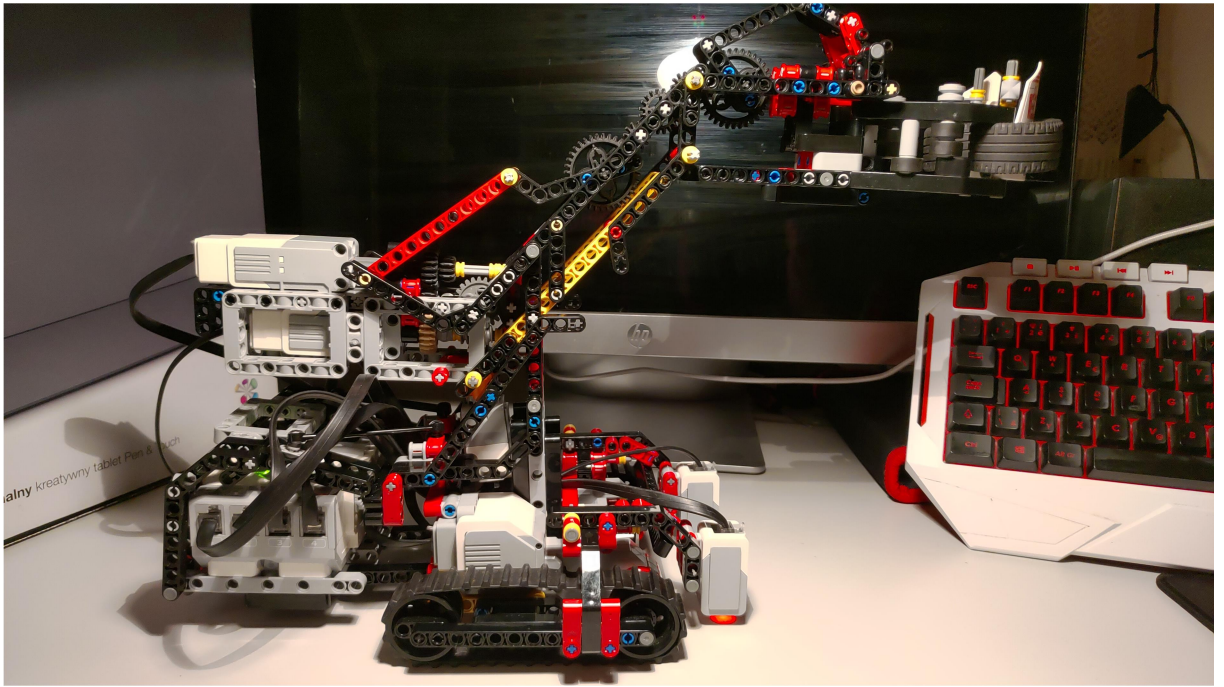
8 PŘÍLOHA : PŘIDANÉ FOTKY FINÁLNÍHO STAVU ROBOTA, A JEHO MECHANICKÉ A ELEKTROTECHNICKÉ SOUČÁSTI.



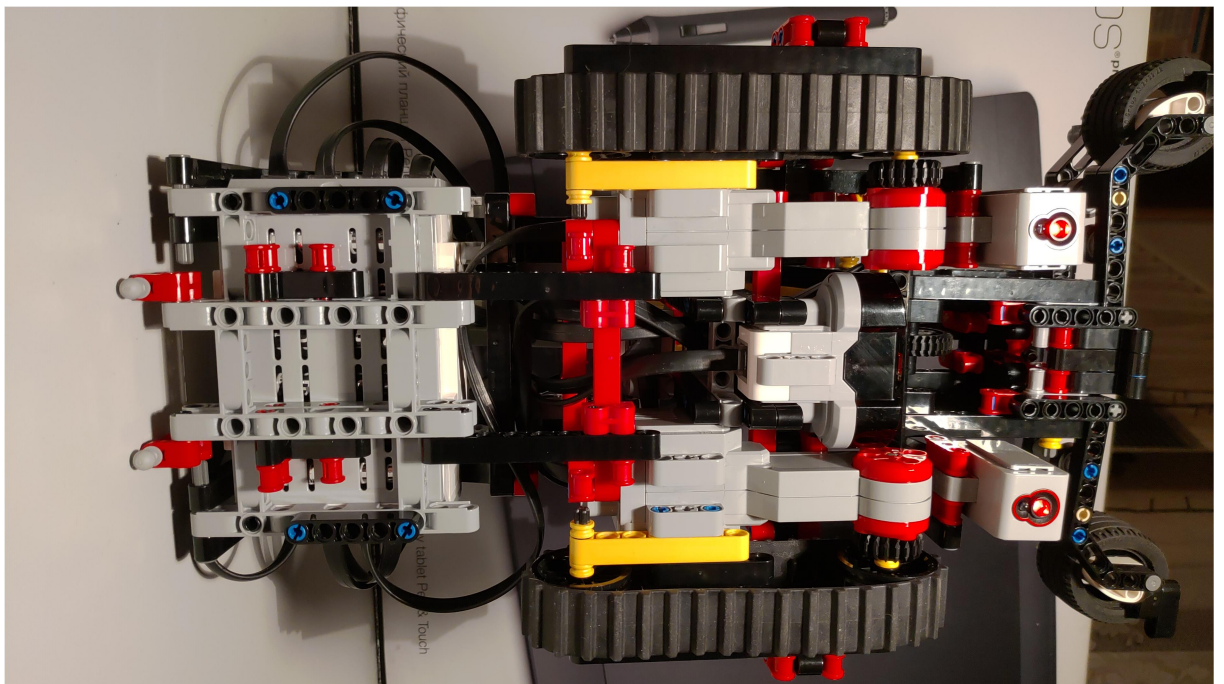
Obr. 13: Fotka modelu z profilu



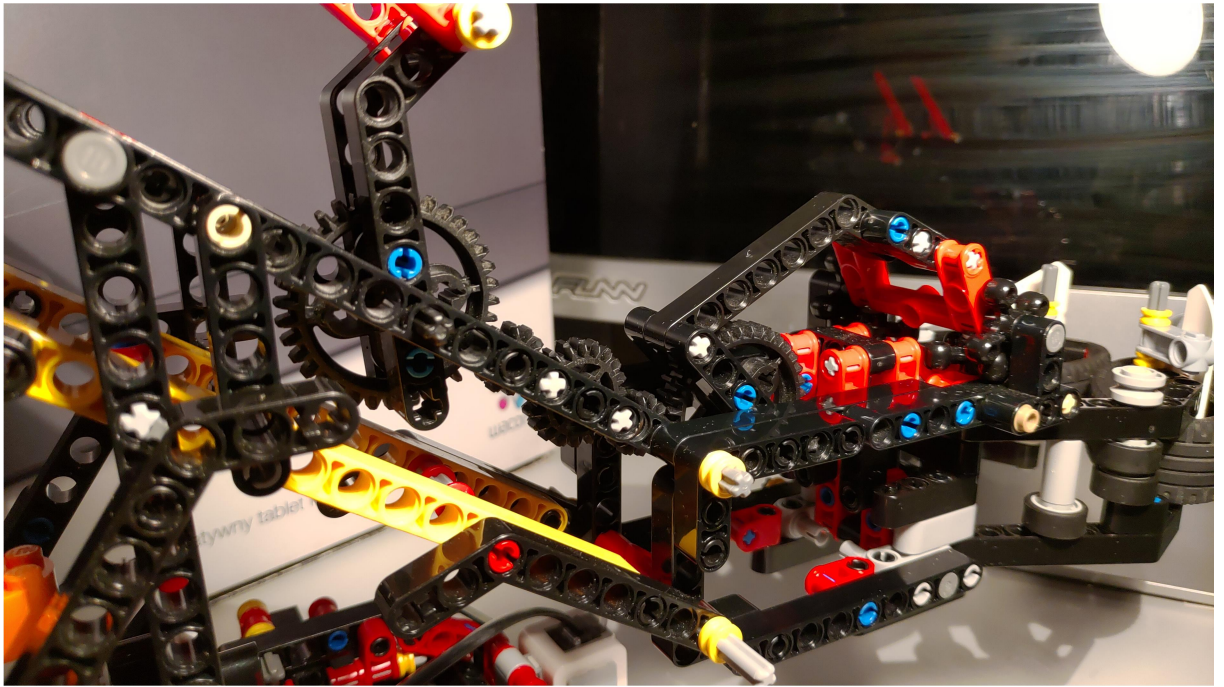
Obr. 14: Fotka modelu zepředu



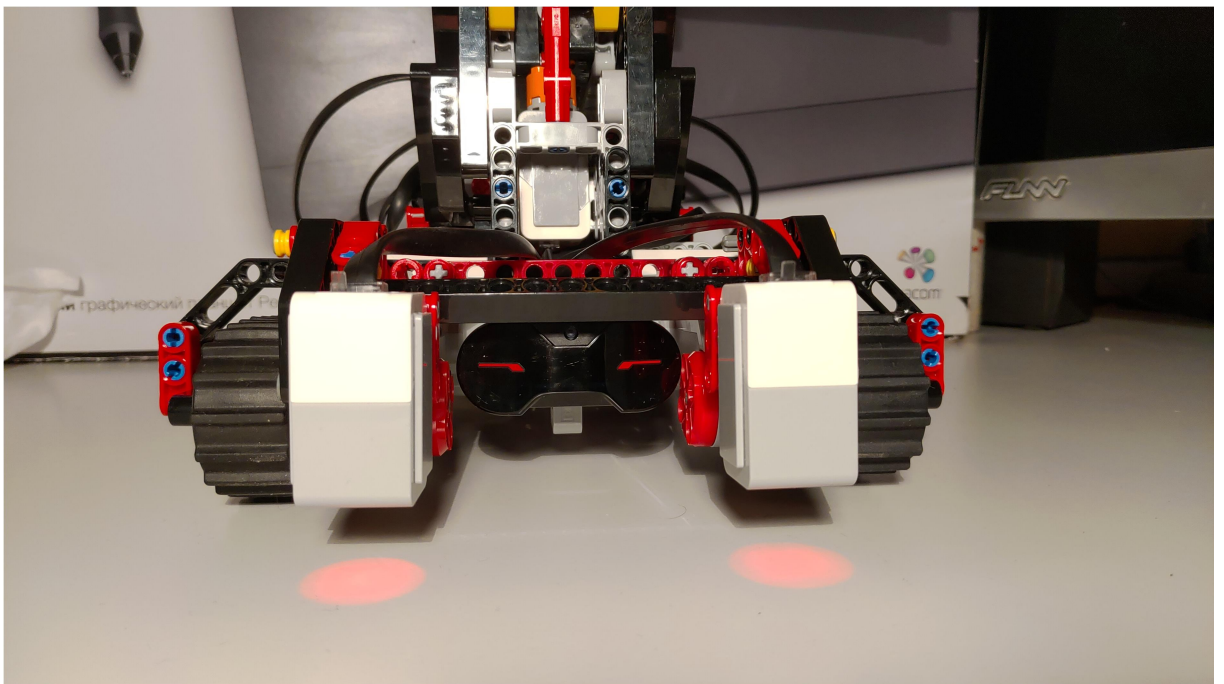
Obr. 15: Fotka modelu z profilu - zvednuté rameno



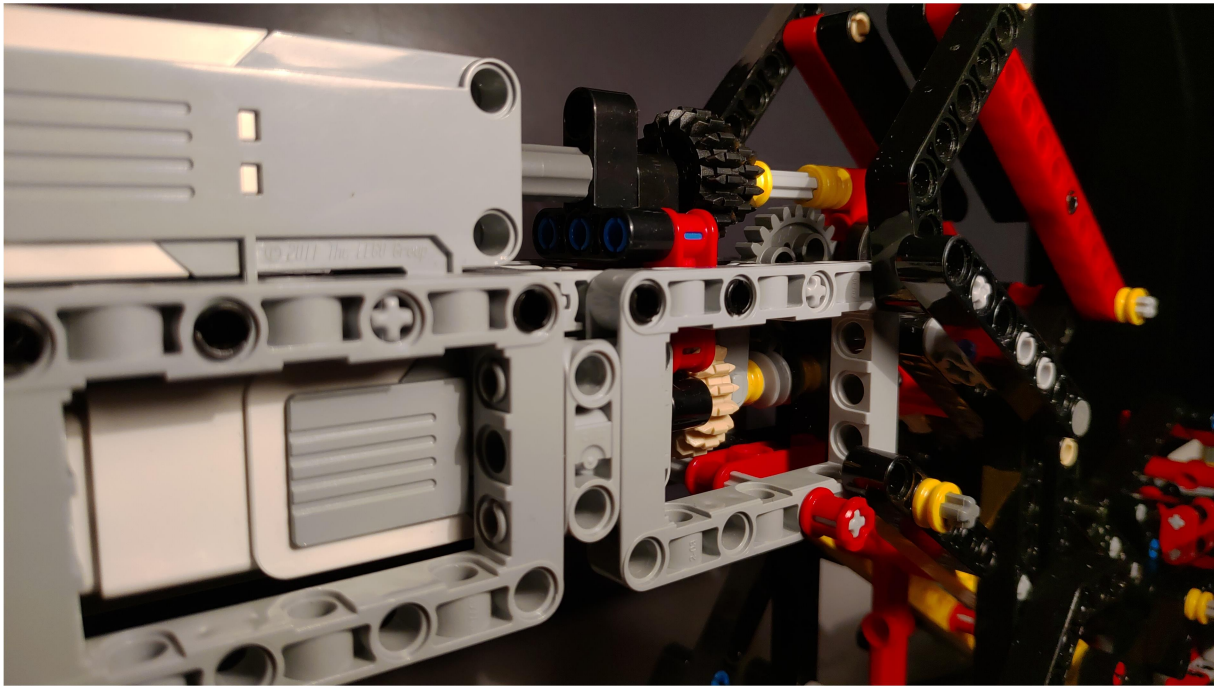
Obr. 16: Fotka modelu zespoda



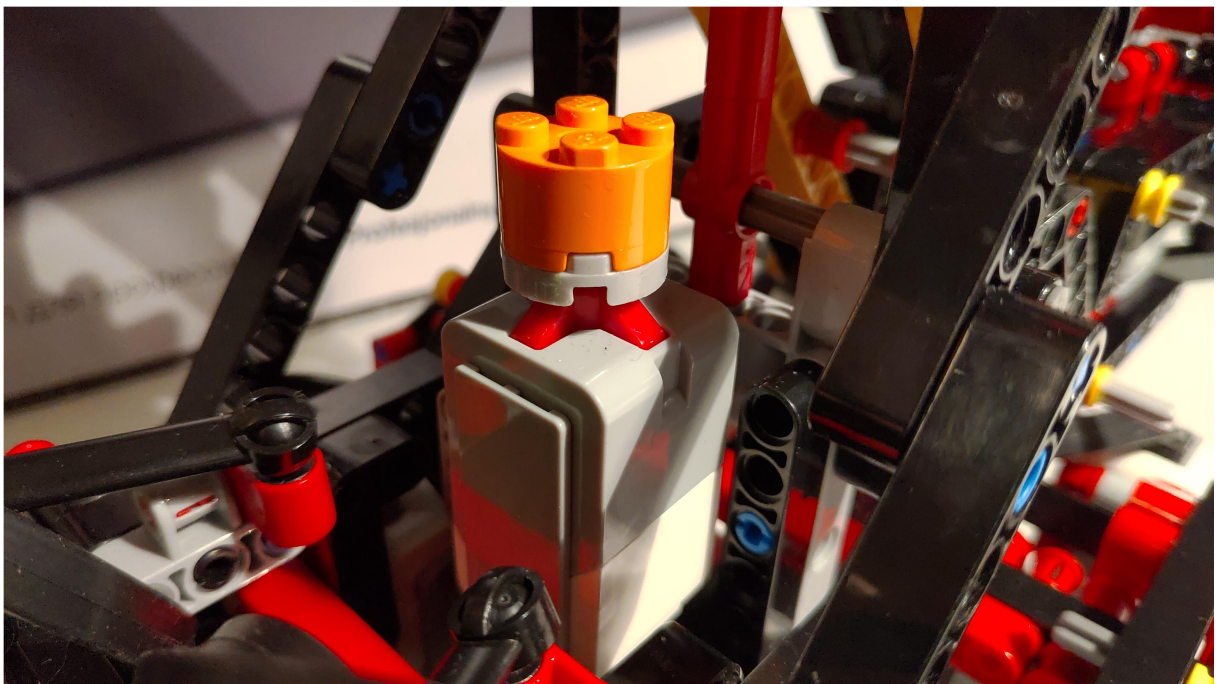
Obr. 17: Fotka mechanismu ozubených kol ramene



Obr. 18: Fotka dvou barevných senzorů a infračerveného senzoru



Obr. 19: Fotka dvou středních elektromotorů na zadní části ramene



Obr. 20: Fotka dotekového senzoru pod ramenem