

Tallinna Ülikool  
Informaatika Instituut

# Lego Mindstormi roboti programmeerimise juhendmaterjali koostamine

Seminaritöö

Autor: Raido Parring  
Juhendaja: Jaagup Kippar

Autor: ..... „2012

Juhendaja: ..... „2012

Instituudi direktor: ..... „2012

Tallinn 2012

## **Autorideklaratsioon**

Deklareerin, et käesolev bakalaureusetöö on minu töö tulemus ja seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

## Sisukord

Sisukord .....	3
Sissejuhatus .....	4
1. Lego Mindstorms tutvustus ja ülevaade olemasolevast materjalist .....	5
1.1. Lego.com MINDSTORMS .....	6
1.2. NXT Programs .....	7
1.3. NXT Central .....	8
1.4. Ricquin Mindstorms NXT projektid .....	9
1.5. My Legobots projektid .....	10
1.6. Tilted Twister .....	12
1.7. Thinkbricks .....	13
1.8. Kooliroboti projekt .....	13
1.9. Robotika.com .....	14
2. Koostatud ülesanded ja nende lahendused .....	15
3. Tulemused ja järeldused .....	22
Kokkuvõte .....	23
Kasutatud materjalid .....	24

## Sissejuhatus

Robotika muutub iga aastaga järjest päevakohasemaks ja huvi selle vastu kasvab. Kuigi võiks eeldada, et antud teemaga tegelemine nõuab suuri teadmisi programmeerimise vallast ning suuri kulutusi spetsiaalsele riistvarale, on siiski olemas ka palju käegakatsutavam variant – Lego Mindstorms.

Legodega kokkupuude on tänapäeva noortel praktiliselt kõigil olemas ning see muudab ka Mindstorms'i roboti ehitamise palju hõlpsamaks kuna kasutusel on täiesti tavalised Lego jupid. Ka programmeerimine on tehtud vastava programmi abil võimalikult lihtsaks ning eelnevaid teadmisi programmeerimises nõutud ei ole.

Käesoleva seminaritöö eesmärgiks on tutvustada, millega täpsemalt on tegu Lego Mindstorms'i puhul ning luua eestikeelseid ülesandeid Lego Mindstorms rakenduse jaoks algajatele. Töö on jaotatud kolmeks põhiliseks osaks. Esimeses osas tutvustatakse Lego Mindstormsi ning antakse ülevaade varem olemasolevast juhendmaterjalist. Teises osas esitatakse loodud ülesandeid ja nende lahendusi ning kolmandas osas vaadatakse kui arusaadavad ja teostatavad oli koostatud ülesanded põhikooli õpilaste jaoks.

Teema valik tulenes enda huvist Legode ning programmeerimise vastu ning mis saaks olla veel parem kui need kaks omavahel ühendada.

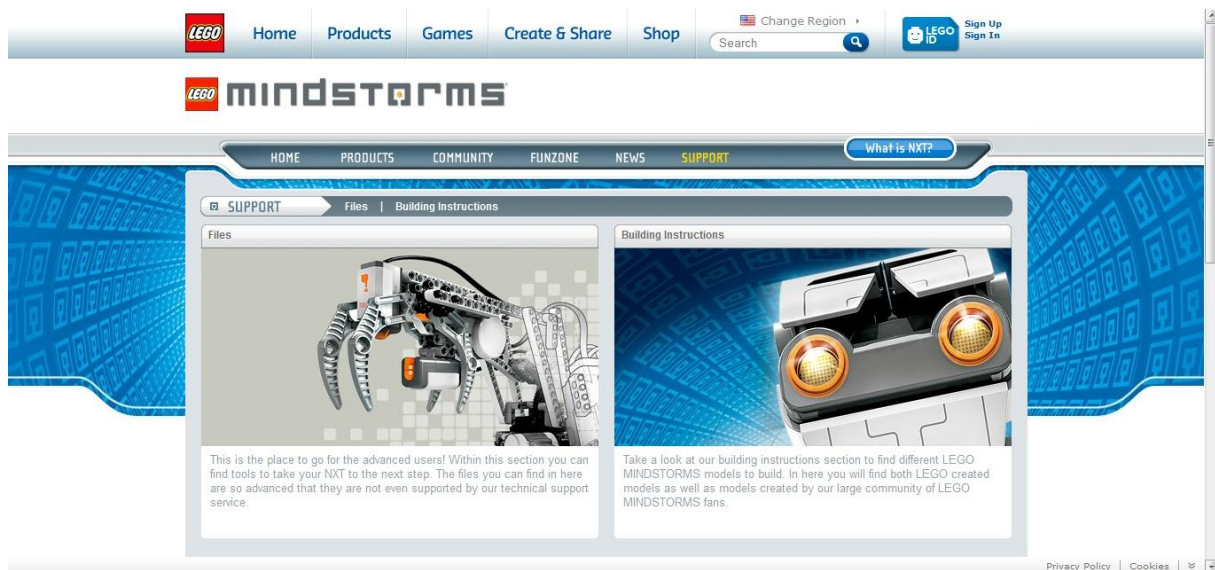
## 1. Lego Mindstorms tutvustus ja ülevaade olemasolevast materjalist

Lego Mindstorms komplekt koosneb nii riist- kui tarkvarast, et luua endale meelepärane robot. Riistvarast kõige tähtsam osa on NXT mikroarvutil, mis funktsioneerib roboti 'ajuna.' Komplekti kuuluvad ka valgus-, heli-, puute- ning ultraheli sensorid, 3 mootorit, vajalikud kaablid ning suur hulk erinevaid lego klotse.

Tarkvaraks on NXT-G, kus kasutusel on graafiline programmeerimiskeel. Programmi loomiseks on vaja vastav ikoon lohistada töölauale. See teeb programmeerimise võimalikult lihtsaks ning eelnevaid teadmisi pole vaja.

Lego Mindstorms'i kohta leidub internetist küllaltki palju juhendeid erinevate robotite ehitamiseks ja programmide koostamiseks, paraku on enamus materjali inglise keeles. Järgnevalt toongi välja ning annan ülevaate internetilehekülgedest, kust võib leida juhendeid ning ülesandeid Mindstorms'i robotite jaoks. Samuti toon välja mõned huvitavamad ülesanded erinevatelt lehekülgedelt.

## 1.1. Lego.com MINDSTORMS



Joonis 1. [www.mindstorms.lego.com](http://www.mindstorms.lego.com) - ametlik Mindstorms lehekülg

Ametlik mindstorms'i kodulehekülg <http://mindstorms.lego.com/> (vt joonis 1). Sealt on võimalik leida juhendeid ehitamiseks nii LEGO enda poolt disainitud roboteid kui ka fännide poolt loodud mudeleid. Olemas on ka programmid vastavatele robotitele kui ise programmeerimisega hätta peaks jääma. Kõik lehel olevad robotid on võimalik kokku panna komplektis leiduvatest osadest ning seega mingisuguseid lisavidinaid otsida ega osta vaja pole. Juhendid on lihtsasti arusaadavad ning teevad ka kõige keerulisema roboti ehitamise küllalt lihtsaks ja kiireks.




## 1.2. NXT Programs

**nxtprograms.com** Fun Projects for your LEGO® MINDSTORMS® NXT!

Home Projects Help Contacts

Project Instructions

Which version of the NXT kit do you have?

	<b>LEGO MINDSTORMS NXT 2.0 (8547)</b> (Retail 2.0) <a href="#">Where to Buy</a>	Free Project Instructions
	<b>LEGO MINDSTORMS NXT (8527)</b> (Retail 1.0) <a href="#">Where to Buy</a> (Limited availability)	Free Project Instructions
	<b>LEGO MINDSTORMS Education NXT Base Set (9797)</b> Plus <b>LEGO MINDSTORMS Education Resource Set (9695 or 9648)</b> <a href="#">Where to Buy</a>	Free Project Instructions

Joonis 2. [www.nxtprograms.com](http://www.nxtprograms.com) lehekül

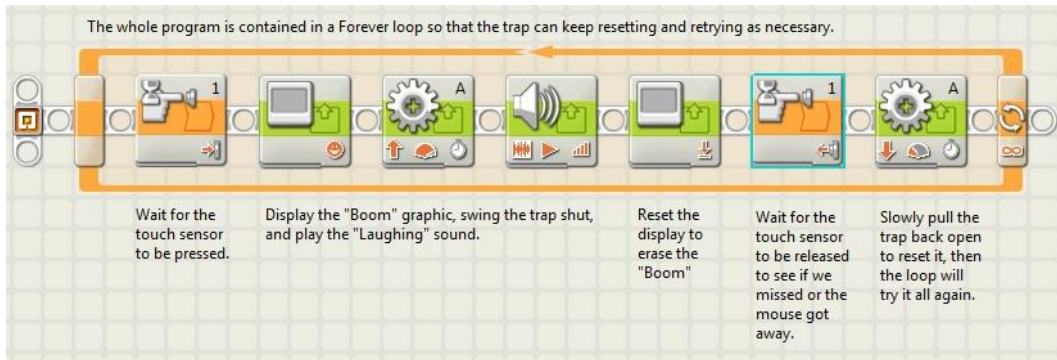
<http://www.nxtprograms.com> - Sellel leheküljel leidub väga suur hulk erinevaid juhendeid nii päris algajatele kui ka edasijõudnutele. Projektid on jaotatud erinevate Mindstorms komplektide järgi gruppidesse (vt joonis 2) ning kasutatakse ainult komplektis leiduvaid klotse. Kõikidel projektidel on täpselt koostatud ehitamisjuhised ning vajadusel saab alla laadida ka programmi. Projekti raskusastmest annavad märku projektilehe ülaosas olevad sümbolid, mis hindavad nii ehitamis- kui ka programmi keerukust. Projektid on võimalik kategoriseerida kas liigi, ehitamise raskuse või programmi raskuse järgi. See muudab sobiva mudeli leidmise kergemaks. Iga projekti juhendist leiab ka ülesanded, kus palutakse näiteks programmi muuta, et robot mingis olukorras teistmoodi käituks või lisada funktsionaalsust. Toon välja ühe ülesande, mis tundus huvitav. (vt joonis 3)



Joonis 3. Hiirelõks lehelt [www.nxtprograms.com/](http://www.nxtprograms.com/)

Tegemist on motoriseeritud hiirelõksuga, kui hiir astub platvormile, siis lööb lõks kinni. Ehituse poolest on tegu keskmise raskusastmega robotiga. Kokkupanek võtab aega umbes 30

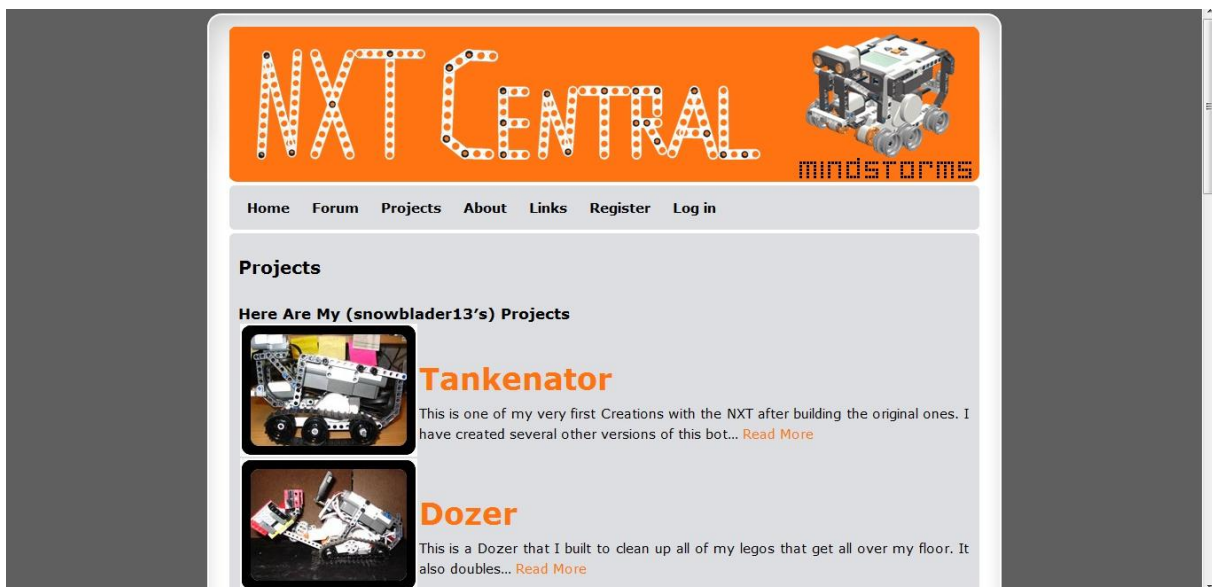
minutit. Kasutatakse ühte puuteandurit ning ühte mootorit. Kui hiir astub plaadile, siis saab puuteandur signaali ja programm käivitab mootori, mis lõksu kinni lööb. Kui hiir lõksu vahele kinni ei jäänud ja puuteandur vabastatakse, siis liigub lõksu osa tagasi ja jääb uut hiirt ootama. Programm selle roboti jaoks on tegelikult väga lihtne ja näeb välja järgmine (vt joonis 4):



Joonis 4. Hiirelõksu programm lehelt [www.nxtprograms.com/](http://www.nxtprograms.com/)

Kogu tegevus toimub tsükli sees, kui puuteandurit vajutatakse sulgeb mootor lõksu. Kui puuteandur vabastatakse, siis liigutab mootor lõksu tagasi ja tsükkel kordub.

### 1.3. NXT Central



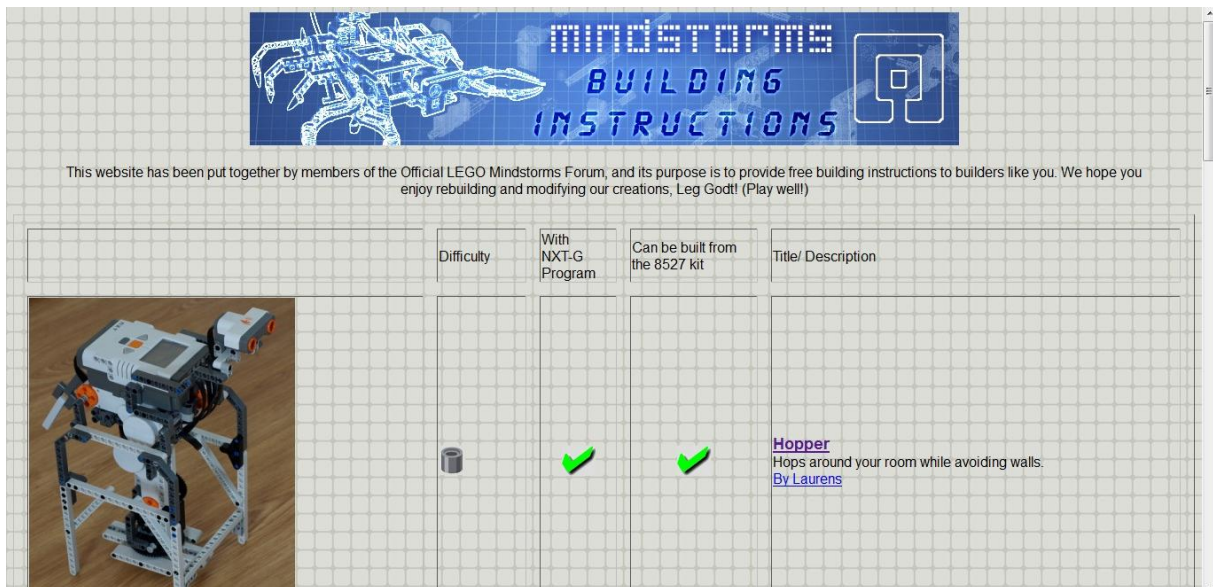
Joonis 5. [www.nxtcentral.com](http://www.nxtcentral.com) lehekül

<http://www.nxtcentral.com> - Siit leiab küll üsna vähe projekte (vt joonis 5), kuid need on päris huvitavad ning mõni ka väga praktiline, näiteks on loodud kraana, mis jõuab tõsta 20kg raskust. Kasutatud on lisaks Mindstorms komplektile ka igasuguseid muid Lego osasid ning erinevaid lisasensoreid. Paraku pole ka igal projektil ehitamisjuhendit ning nendel millel on,



on see .lfx formaadis, mille avamiseks on vajalik alla laadida programm Lego Digital Designer. See programm võimaldab robotit vaadelda kolmemõõtmelisena ning järgida sammude kaupa kokkupanemisejuhendit. Probleemiks on aga see, et lehel antud failid on nüüdseks juba mõned aastad vanad ja programmi uuenduste tõttu ei avane korrektselt. Osade projektide juures on olemas ka video, mis näitab milleks antud robot võimeline on. Võib öelda, et loodud robotid ja programmid on keerulised ning mõeldud pigem edasijõudnutele.

#### 1.4. Ricquin Mindstorms NXT projektid



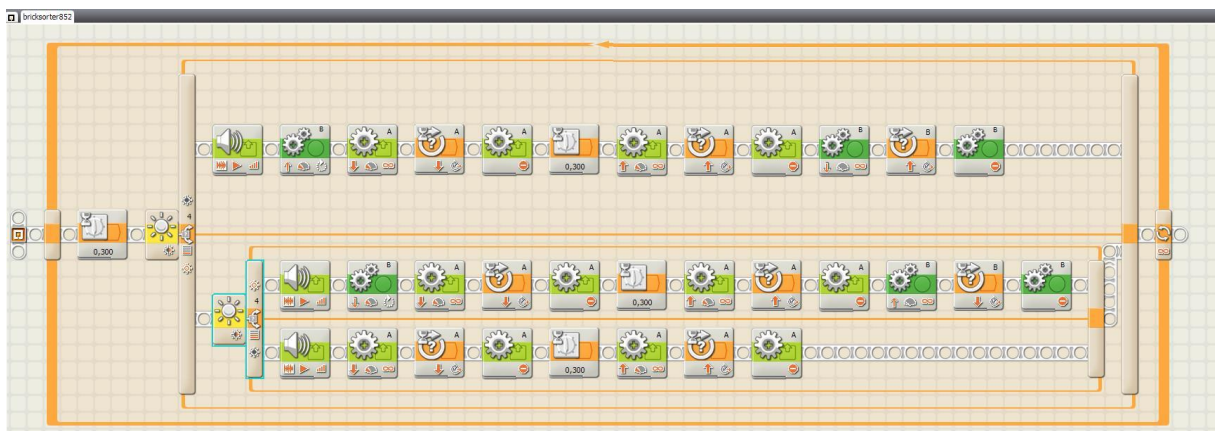
Joonis 6. [www.ricquin.net/lego/instructions/index.htm](http://www.ricquin.net/lego/instructions/index.htm) lehekülj

[www.ricquin.net/lego/instructions/index.htm](http://www.ricquin.net/lego/instructions/index.htm) - Jällegi üsna vähe projekte. Hea on see, et projektide juures on ära märgitud, kas kasutab vaid Mindstorm komplektis olevaid osasid ja kui on mõnda muud detaili tarvis, siis on see konkreetselt ära märgitud (vt joonis 6). Samuti on märgitud raskusaste ning see, kas projektiga on kaasas programm. Iga mudeli juures on detailne kasutusjuhend ning mõnel ka video, kus näidatakse roboti funktsionaalsust. Kõik projektid on küllaltki lihtsalt teostatavad ning arusaadavad ka algajatele. Siit lehelts tooksin välja järgmise ülesande:

Lego klotside sorteerija värvi järgi. Jagab mustad, hallid ja valged tükid eraldi konteineritesse kasutades selleks valgussensorit. Roboti ehitamine võtab aega umbes 40-45 minutit. Välja näeb valmis robot selline (vt joonis 7) ning programm on järgmine (vt joonis 8).



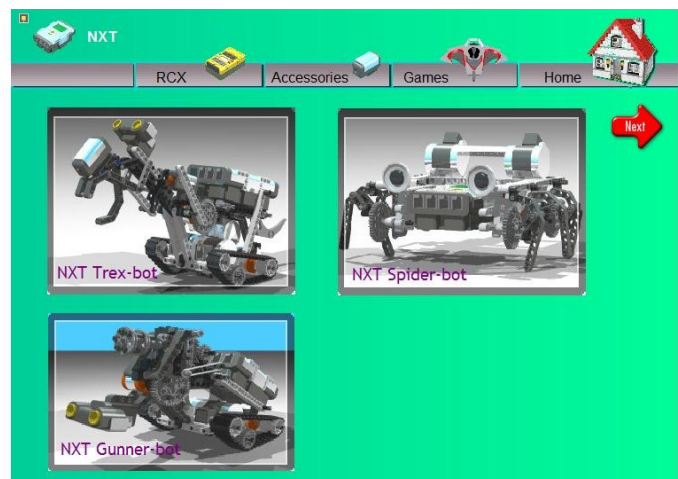
Joonis 7. Klotsisorteerija lehel [www.ricquin.net/lego/instructions/bricksorter.htm](http://www.ricquin.net/lego/instructions/bricksorter.htm)



Joonis 8. Klotsisorteerija programm lehel [www.ricquin.net/lego/instructions/bricksorter.htm](http://www.ricquin.net/lego/instructions/bricksorter.htm)

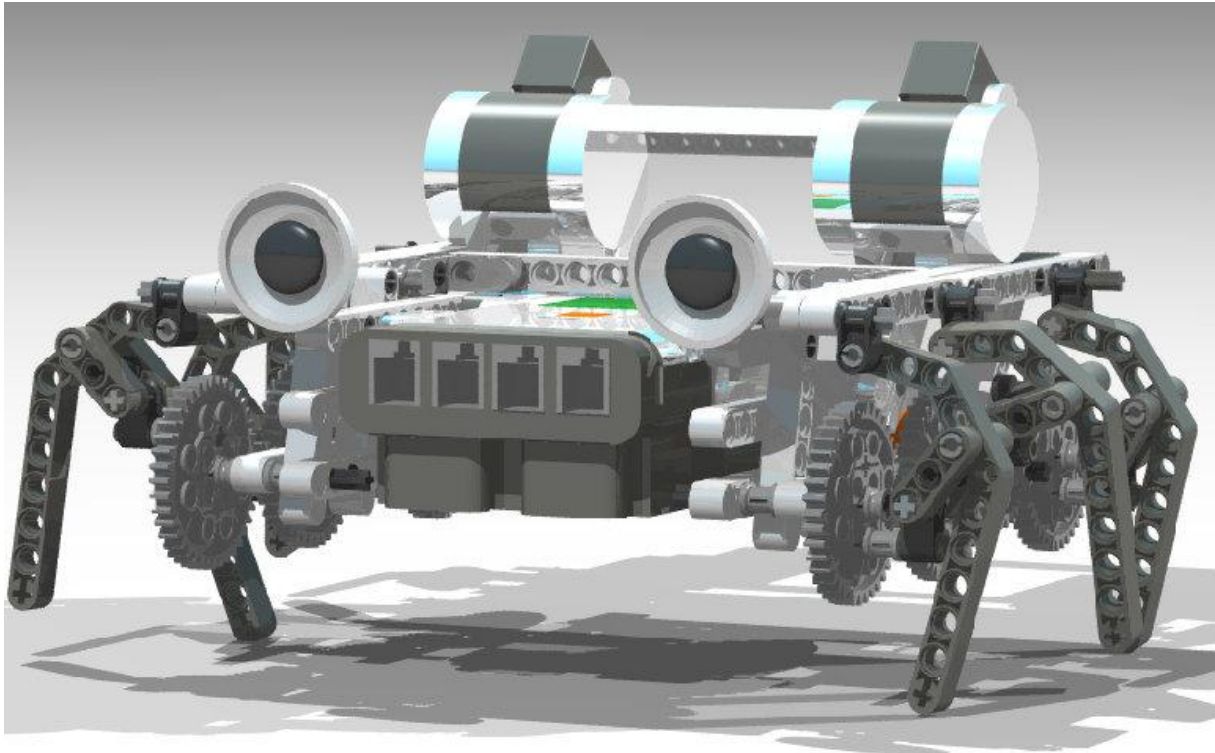
Valgussensor 'vaatab' klotsi ning robot ütleb, mis värvi klotsiga on tegu, liigutab kaldtee õigesse asendisse ning lükkab seejärel klotsi kaldteele. Tsükel kordub kuni klotsid otsa saavad

## 1.5. My Legobots projektid



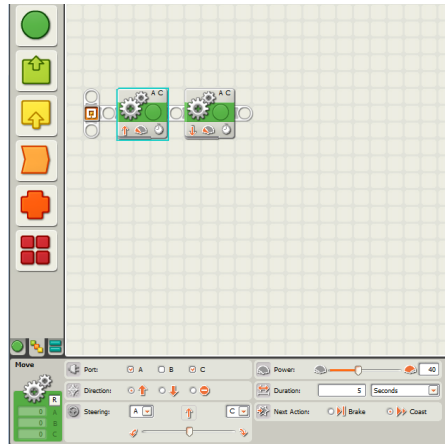
Joonis 9. [www.legomylegobot.com/](http://www.legomylegobot.com/) lehekül

<http://www.legomylegobot.com/> - Lehelt leiab vaid kolm projekti (vt joonis 9), kõigil on olemas küllalt arusaadavad ehitusjuhendid, kuid projektid vajavad ka mõningaid juppe, mida komplektis ei ole. Robotitega kaasasolevad programmid on küllaltki lihtsad, arusaadavad ning kergesti muudetavad. Sobib nii algajatele kui ka pisut edasijõudnumatele. Sellelt leheküljelt vaatame lähemalt ämblikrobotit (vt joonis 10)



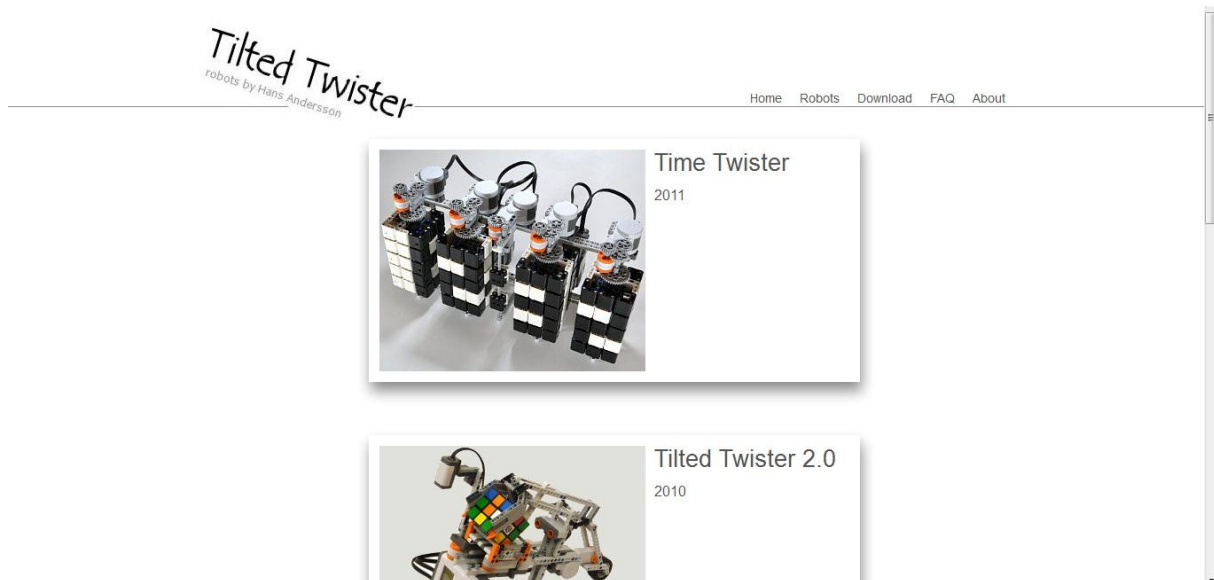
Joonis 10. Ämblikrobot lehelt [www.legomylegobot.com/](http://www.legomylegobot.com/)

Tegemist on robotiga, kes imiteerib oma liikumiselt ämblikku, ehk kolm jalga on kontaktis maapinnaga ja teised kolm õhus. Roboti kokkupanek võtab aega umbes 30-35 minutit ning enne programmi käimapanekut tuleks käsitsi liigutada mootoreid nii, et ühel küljel oleksid kaks jalga õhus, üks maapinnal ning teisel pool vastupidi, kaks jalga maas ning üks õhus. Kaasasolev programm liigutab lihtsalt robotit viis sekundit edaspidi ning seejärel viis sekundit tagurpidi (vt joonis 11). Lisaks võimaldab selline robot ka pöörata.



Joonis 11. Ämblikroboti programm lehelt [www.legomylegobot.com/](http://www.legomylegobot.com/)

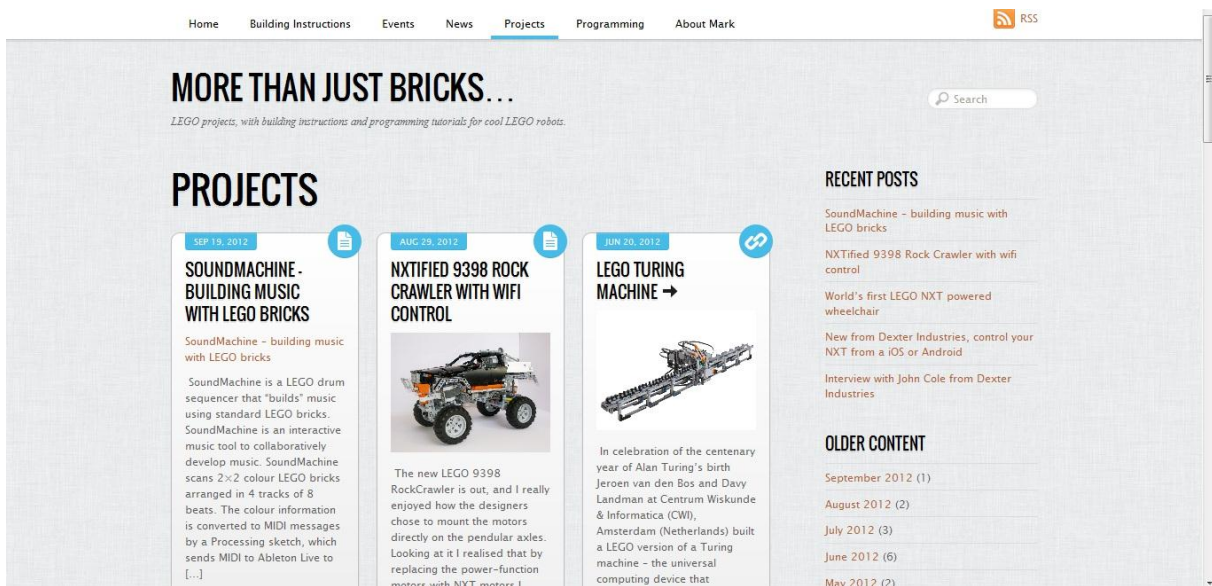
## 1.6. Tilted Twister



Joonis 12. [www.tiltedtwister.com/robots.html](http://www.tiltedtwister.com/robots.html) lehekülg

<http://www.tiltedtwister.com/robots.html> (vt joonis 12) - Siit leiab vaid mõne projekti, kuid kõik nad on küllaltki praktilised, näiteks on ehitatud robot, mis lahendab sudoku mõistatusi. Iga projekti juurde on lisatud video, mis näitab kuidas robot töötab, samuti on olemas ka ehitamisjuhend ning loetelu vajaminevatest osadest. Programmid on koostatud NXC keeles, mis sarnaneb programmeerimiskeelele C, ning neid komplektis oleva tarkvaraga arvutis avada ega muuta võimalik ei ole. Robotid on ehituse poolest küllaltki keerulised ning vajavad mõningaid lisadetaile, mis Mindstorms komplektis ei sisaldu. Arvestades mudelite keerukust ning seda, et programmid on koostatud NXC keeles, mis nõuab pisut mahukamaid teadmisi programmeerimisest, siis võib öelda, et antud leheküljel olevad projektid on mõeldud edasijõudnutele.

## 1.7. Thinkbricks

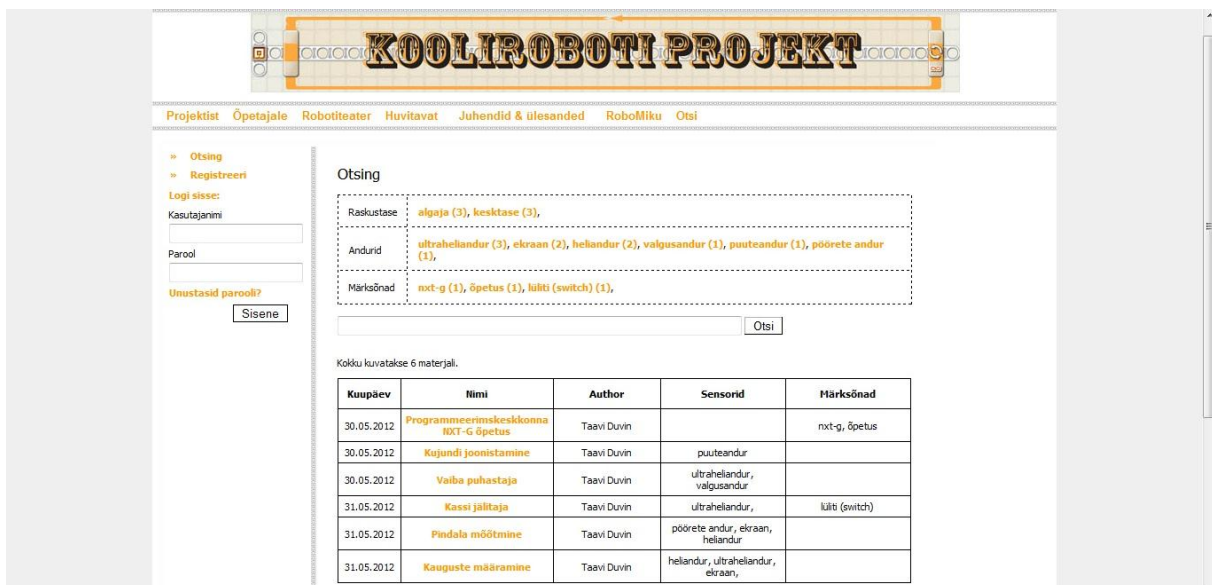


Joonis 13. thinkbricks.net lehekülg

<http://thinkbricks.net> - Palju huvitavaid projekte, näiteks Türingi masin (vt joonis 13). Projektid, millel on kokkupanemisõpetus olemas on keerulised ning kasutavad suures mahus komplekti mittekuuluvaid detaile. Programmid on kirjutatud NXC keeles. Kahjuks on suuremal osal projektidest juhend ja programm puudu.

## 1.8. Kooliroboti projekt

Eestikeelset materjali leiab kooliroboti projekti veebilehelt <http://www.robootika.ee/lego/projekt/> (vt joonis 14).



Joonis 14. www.robootika.ee/lego/projekt/ lehekülg

Sealt võib leida mõned ülesanded ning kirjeldatakse ka üldist lahenduskäiku. Roboti ehitamise ja programmeerimisega tuleb ise hakkama saada, kuna lehel puuduvad vastavad juhendid. Ülesannete juures on ära märgitud, milliseid sensoreid tuleks kasutada ning kas ülesanne sobib algajatele või pigem edasijõudnutele.

## 1.9. Robotika.com



Joonis 15. [www.robotika.com](http://www.robotika.com) lehekül

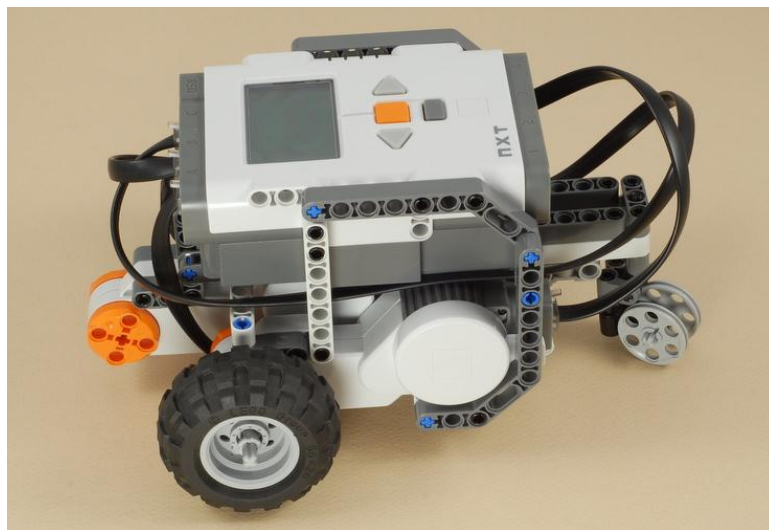
<http://www.robotika.com> vt (joonis 15). Sellelt lehelt leiab mõned päris huvitavad eestlaste poolt tehtud robotid ning samuti mõningaid juhendeid ja näpunäiteid robotite programmeerimiseks NXC keeles. Kahjuks ei ole ühegi roboti ehitamiseks õpetust ning seega kui mõnda lehel nähtavat robotit ehitada tahta peab ise nuputama. Sobib edasijõudnutele, kes omavad algteadmisi NXC keeles programmeerimisest.

## 2. Koostatud ülesanded ja nende lahendused

Seminaritöö raames koostasid mõned ülesanded nii algajatele kui ka juba edasijõudnutele. Kõik ülesanded testiti läbi ka põhikooli õpilaste poolt.

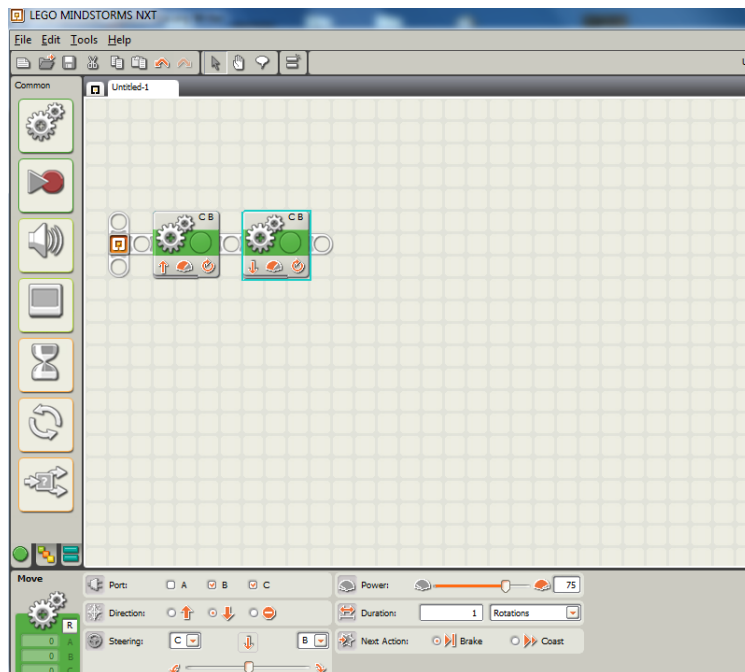
Esimesed viis ülesannet on mõeldud praktiliselt täiesti algajale, kes enne Lego Mindstormsiga kokku puutunud ei ole, järgmised keskenduvad erinevate sensoritega katsetamisele ning on juba pisut keerulisemad lahendada. Lisatud on ka lahendused esimesele viiele ülesandele.

1. Programmeeri robot liikuma edaspidi ning seejärel tagurpidi. Selleks on vaja ehitada lihtne robot, millel rattad all. (vt joonis 16)



Joonis 16. Lahenduseks sobiv robot leheküljelt [www.nxtprograms.com/](http://www.nxtprograms.com/)

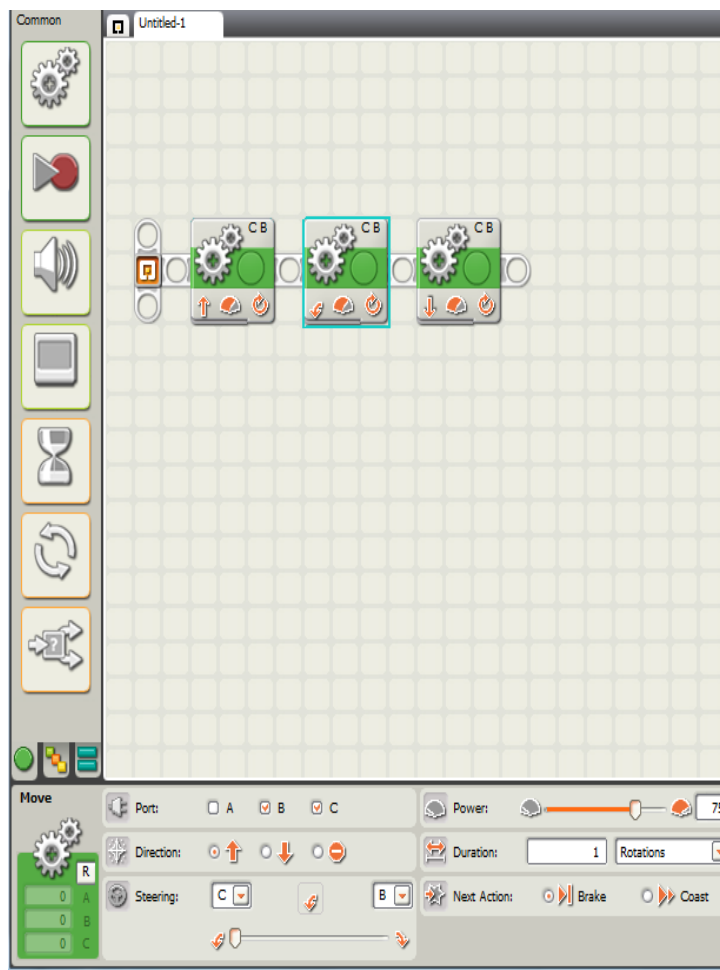
Programm: kaks move plokki, üks edasiliikumiseks ja teine tagasiliikumiseks. (vaata joonis 17)



Joonis 17. Ülesande nr. 1 lahendus



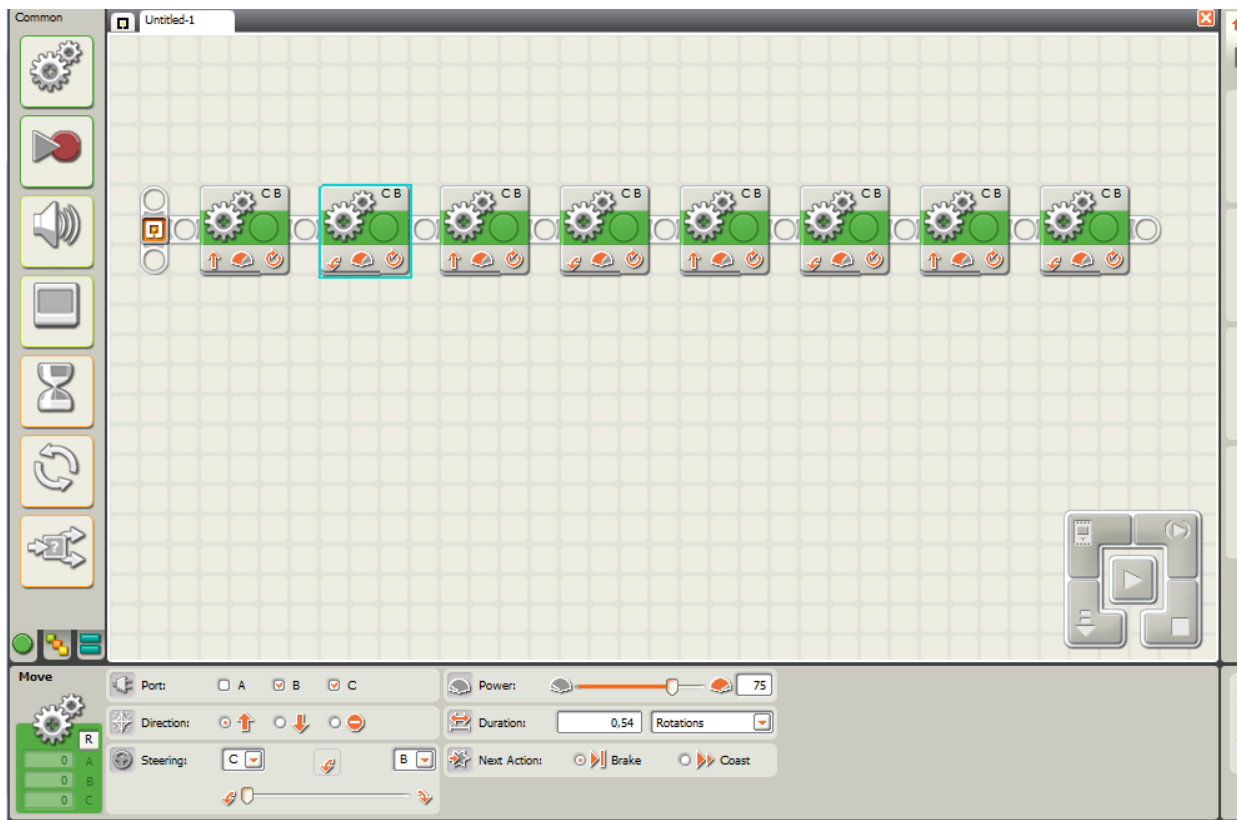
2. Pöörded. Robot liigub edasi, seejärel pöörab vasakule ja liigub edasi. Sobib sama disainiga robot, kui eelmises ülesandes. Programm: 3 move plokki, keskmine keerab robotit vasakule ühe ratta pöörde võrra. (vt joonis 18)



Joonis 18. Ülesande nr. 2 lahendus

3. Programmeeri robot liikuma ruudukujuliselt. Sobib sama robot, mis varasema ülesande korral.

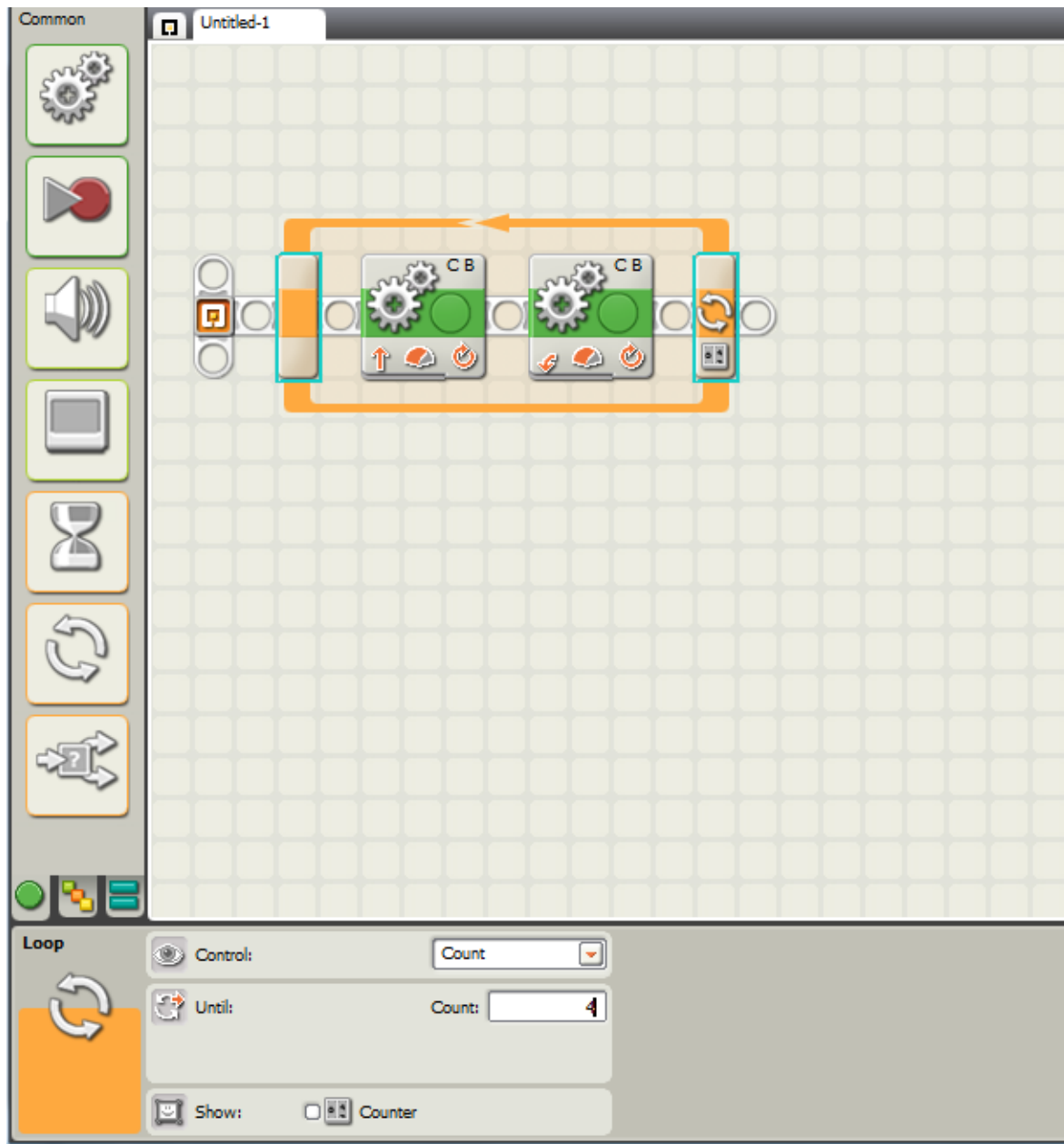
Programm: Et saada robot pöörama  $90^{\circ}$  peab ära mõõtma rataste vahe nende keskpunktidest, minu roboti puhul on see 120mm, ja korrutada see arv  $\pi$ 'ga. Sellega saame teada palju on ringi läbimõõt, kui robot teeb kohapeal täispöörde. Teiseks tuleb ära mõõta ratta diameeter, mis kaasasolevatel ratastel on 56mm. Seega ühe täispöördega liigub ratas  $56\text{mm} * \pi$ . Seejärel jagada esimene tulemus teisega:  $120\text{mm} * \pi : 56\text{mm} * \pi \approx 2,14$  pööret. 90 kraadi pööramiseks jagada see tulemus neljaga  $\approx 0,54$ . Kokku 8 move plokki (vt joonis 19)



Joonis 19. Ülesande nr. 3 lahendus

4. Tsükliid: Programmeeri robot liikuma ruudukujuliselt kasutades tsükliid. Sobib sama robot mis eelmises ülesandes.

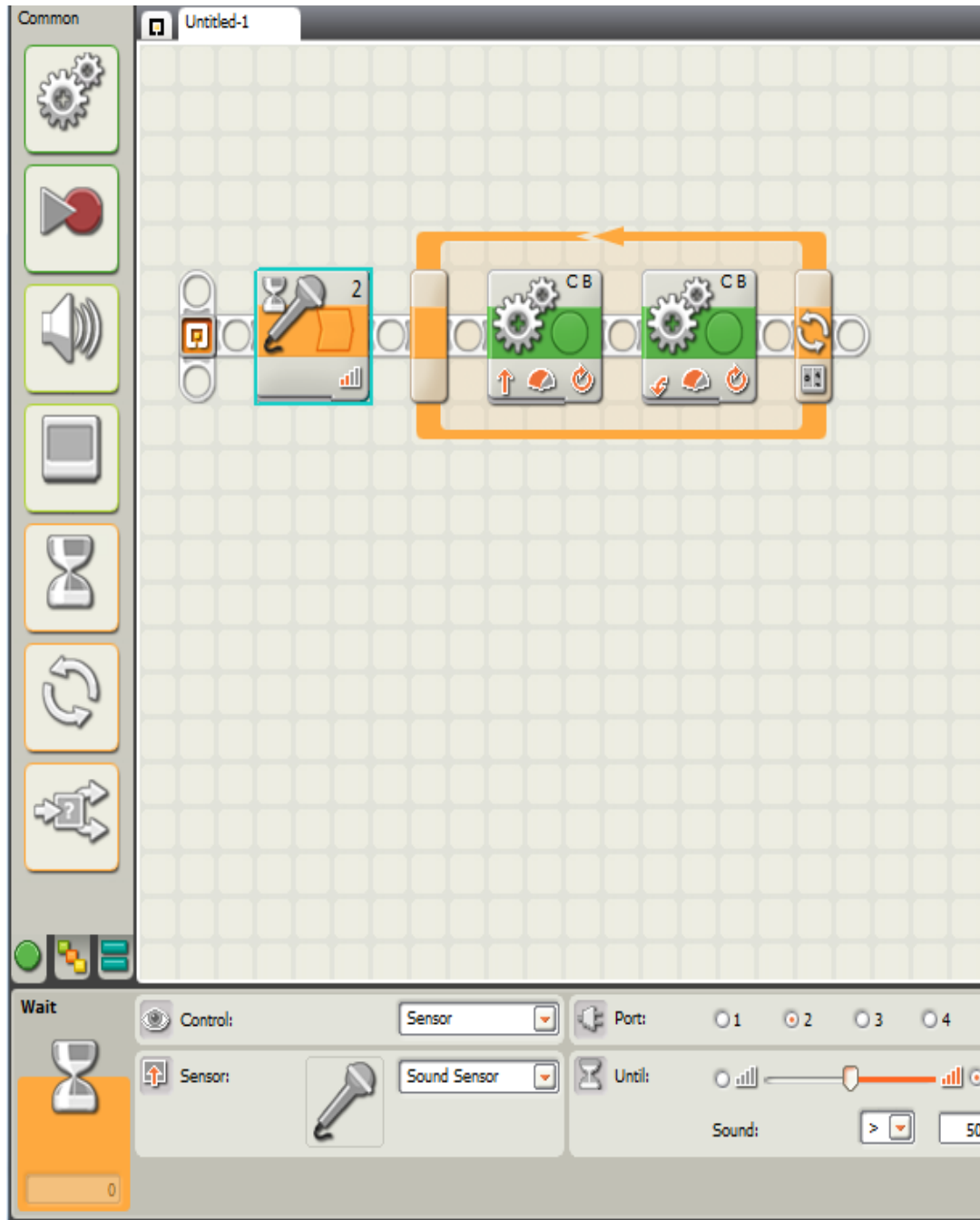
Programm: eelmise pika ülesande saab tsükli abil teha palju lühemalt. 1 Loop ja 2 move plokki. Tsükliid kordame 4 korda. (vt joonis 20)



Joonis 20. Ülesande nr. 4 lahendus

5. Programmeeri robot nii, et ta hakkaks liikuma plaksu peale. Sobib sama robot mis eelnevates ülesannetes, lisada on vaja mikrofon.

Programm: kasutame eelmise ülesande lahendust, mis aktiveerub hääle peale. (vt joonis 21)



Joonis 21. Ülesande nr. 5 lahendus

6. Kasutades puutesensorit, ehita robot, mis takistusega kokkupõrgates tagurdaks, keeraks ennast ja liiguks edasi.
7. Kasutades ultrahelisensorit, ehita robot mis väldiks takistusi.
8. Kasutades valgussensorit programmeeri robot nii, et ta hakkaks tegutsema siis kui toas tuli põlema panna.
9. Kasutades valgussensorit programmeeri robot liikuma mööda joont

### 3. Tulemused ja järeldused

Kõik kirjeldatud ülesanded said katsetatud Reaalkooli Lego Mindstorms ringi raames põhikooli õpilaste peal. Esimese viie ülesannetega said praktiliselt kõik õpilased hakkama. Kõige rohkem võttis aega roboti ehitamine. Pisike eelis oli neil, kes varem legodega kokku puutunud, kuna õpetuse järgimine ja õigete juppide leidmine läks neil tunduvalt kiiremini. Keerulisemate ülesannete puhul vajati rohkem juhendaja abi. Probleemiks oli näiteks joont jälgiva roboti puhul joone mitte ära tundmine. Kuigi programm iseenesest oli õigesti koostatud, oli tegemata jäänud valgussensori kalibreerimine. Samuti tekitas probleeme ka liigne mootorite kiirus, kuna robot ei suutnud järsemates kurvides joont enam jälgida. Kiiruse vähendamisel sai robot ülesandega ilusti hakkama. Lahendamise käigus tuli õpilastel endal palju huvitavaid mõtteid ja ehitati hulgaliselt originaalseid ja põnevaid roboteid. Üldiselt said lahendajad ülesannetega hästi hakkama ja need meeldisid õpilastele. Kuna tunni aeg on piiratud ja keerulisemate robotite ehitamine võtab kaua aega, siis tasuks ühe tunni ülesannete koostamisel seda arvesse võtta ning teha nii, et ülesandeid oleks võimalik lahendada võimalikult sarnase disainiga robotitega. See hoiab aega kokku ning võimaldab õpilastel keskenduda programmeerimisele.

## Kokkuvõte

Käesolev seminaritöö eesmärgiks on tutvustada, millega on tegu Lego Mindstorms'i näol, anda ülevaade ja analüüsida internetist leitavaid veebilehti, kust võib leida Lego Mindstorms projekte ning nende ehitamise ja programmeerimise juhendeid. Tutvustatakse töö autori poolt loodud ülesandeid ja nende lahendusi ning kirjeldatakse kuidas said põhikooli õpilased ülesannete lahendamisega hakkama.

Autorile andis tehtud töö palju uusi teadmisi ja kogemusi Lego Mindstorms'i robotite ehitamises ning programmeerimises, samuti sobivate ülesannete koostamises.

Käesoleva töö edasiarendusena oleks võimalik luua täielik ülesannete kogu Lego Mindstorms'ile ning lasta need läbi katsetada laiemal publikul.

## Kasutatud materjalid

1. Lego Mindstorms ametlik kodulehekülg - <http://mindstorms.lego.com/> (Viimati vaadatud 30.10.2012)
2. NXT Programs kodulehekülg - <http://www.nxtprograms.com> (Viimati vaadatud 30.10.2012)
3. NXT Central kodulehekülg - <http://www.nxtcentral.com> (Viimati vaadatud 30.10.2012)
4. Mindstorms projektid ricquin lehelt - <http://www.ricquin.net/lego/instructions/index.htm> (Viimati vaadatud 30.10.2012)
5. Mylegobots kodulehekülg - <http://www.legomylegobot.com/> (Viimati vaadatud 30.10.2012)
6. Tilted twister kodulehekülg - <http://www.tiltedtwister.com/robots.html> (Viimati vaadatud 30.10.2012)