

LÄÄNE-VIRU RAKENDUSKÕRGKOOI

Ettevõtluse ja majandusarvestuse õppetool

TA13 KO

Rasmus Kits

**LEGO® MINDSTORMS® EV3 ROBOTPLATVORMI
SEADMETE TEHNILISED ANDMED JA
TÖÖPÕHIMÕTE**

Referaat

Juhendaja: Priit Freienthal

Mõdriku

2014

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
1. ÜLDTUTVUSTUS	4
1.1 Üldkirjeldus ja ajalugu	4
1.2 EV3 baaskomplekti kirjeldus	4
2. TEHNILINE INFO	6
2.1 EV3 juhtmoodul	6
2.2 Puuteandur.....	8
2.3 Värv- ja valgusandur	9
2.3.1 Värviaanduri režiim	9
2.3.2 Valgusanduri režiim.....	10
2.4 Ultraheliandur.....	11
2.5 GÜroskoopiline andur	13
2.6 EV3 „suur“ mootor.....	14
2.7 EV3 „keskmine“ mootor	15
KOKKUVÕTE	17
KASUTATUD KIRJANDUS	18

SISSEJUHATUS

Referaadi uurimisobjektiks on Lego® Mindstorms® EV3 põlvkonna roboti ja sellega kaasnevate tehniliste sõlmede uuring. Vaadeldakse erinevaid tehnilisi parameetreid. Süvendatult käsitletakse juhtmooduli ja sensorite tehnilisi parameetreid ning tööpõhimõtteid. Referaat ei käsitle roboti programmeerimisega seotud asjaolusid. Käesolevas referaadis vaadeldakse eelnevalt kirjeldatud komplekti hariduslikku versiooni.

1. ÜLDTUTVUSTUS

1.1 Üldkirjeldus ja ajalugu

Lego® Mindstorms® EV3 (edaspidi EV3) on ettevõtte Lego Group poolt toodetav robotikakomplekt nende enda poolt määratud vanusegrupile 10+ eluaastat (märgistus toote pakendil). Tegemist on kolmanda põlvkonna robotikaseadmega Lego® Mindstorms® tooteseerias (1).

EV3-e esmane väljakuulutamine toimus 4. jaanuaril 2013 aastal (2). Toode oli saadaval haridusliku versioonina alates 1. augustist 2013 aastal ja kauplustes alates 1. septembrist 2013.a. (3).

1.2 EV3 baaskomplekti kirjeldus

Baasomplekt (vt Joonis 1) koosneb erinevatest Lego® konstruktorklotsidest, juhtmoodulist, mootoritest ning anduritest ja nende ühenduskaablitest. Kokku on komplektis 559 osa (1).



Joonis 1. Fragment joonisest. EV3 baaskomplekt väga levinud konfiguratsioonis (4)

Baaskomplekti kuuluvate osade loetelu:

- juhtmoodul EV3, 1 tk;
- puuteandur, 2 tk;
- värvi- ja valgusandur, 1 tk;
- ultraheliandur, 1 tk;
- güroskoopiline andur, 1 tk;
- „suur“ mootor, 2 tk;
- „keskmine“ mootor, 1 tk;
- laetav akupakk, 1 tk;
- ühenduskaablid, 6 tk;
- konstruktorosad, 541 tk (1).

2. TEHNILINE INFO

2.1 EV3 juhtmoodul

Juhtmoodul on paigutatud plastikust korpusesse. Korpuse külge on disainitud vajaminev arv kinnituspesasid liidestamaks juhtplokki lego konstruktorklotsidega. Juhtplokil on 6 valgustatud juhtnuppu, kõrgresolutsiooniline must/valge LCD (vedelkristall) ekraan, sisseehitatud kõlar, USB (2.0) pesa, mini SD väikmälu kaardi pesa, 4 sisend- ja 4 väljundporti, toiteallika laadimispistik. (5).



Joonis 2. EV3 juhtmoodul (6)

Tabel 1. Juhtmooduli tehnilised andmed ja parameetrid (5)

seade, kirjeldus	tehnilised andmed ja parameetrid
protsessor	ARM® Cortex™-A9, 300Mhz
mälu	16MB välmälu andmesalvestuseks 64MB operatiivmälu
operatsioonisüsteem	Linux-il baseeruv
LCD ekraan	<ul style="list-style-type: none"> • monokroomne • 178x128 punkti • taustvalgustus puudub
väljundpordid. Modulaarpistik RJ12	4 porti
sisendpordid. Modulaarpistik RJ12	4 porti <ul style="list-style-type: none"> • analoogport • digitaalport 460.8Kbit/s
USB liides	<ul style="list-style-type: none"> • ühendamiseks kuni 4 EV3 juhtmoodulit jadamisi. • välise Wi-Fi vastuvõtuseadme ühendamiseks
micro SD välmälu kaardi pesa	micro SD välmälu tugi. Kuni 32GB
nutiseadmega ühendamise tugi	operatsioonisüsteemid: <ul style="list-style-type: none"> • iOS • Android • Windows Phone
Kasutajaliides	<ul style="list-style-type: none"> • multifunktsionaalsed nupud, 6 tk • LCD ekraan, kõlar
andurite kommunikatsioonisagedus	1000 ühikut sekundis, 1ms, 1KHz

andmete kogumise maht	maksimaalselt 1000 ühikut sekundis
Bluetooth ühendatavus	ühendatav kuni 7 alamseadet
toiteallikas.	<ul style="list-style-type: none"> • alalisvoolu aku • asendatav 6 x AA-tüüpi elemendiga • mahutavus 2050mAh. • tüüp Li-ion.

2.2 Puuteandur

Tegemist on lihtsaima analooganduriga EV3-e komplekti koosseisus. Tehniliselt on tegemist lülitiga, mis suudab registreerida vajutusi asendis 1 ja 0. Andur on võimeline loendama nii ühekordseid kui ka mitmekordseid vajutusi. (7).



Joonis 3. Puuteandur (8)

Anduri füüsiline pikkus alla vajutamata nupuga on 43mm ja alla vajutatud nupuga 39mm. Anduri laius ja kõrgus on 24 mm ilma kinnitusosata. (7).

2.3 Värv- ja valgusandur

Värvi- ja valgusandur on kaheüsteemne digitaalne andur. Andur suudab eristada seitset värvitooni ja värvitust (läbipaistvust ehk transpaarsust) ning tagasipeegelduva valguse intensiivsust (9).



Joonis 4. Värv- ja valgusandur (10)

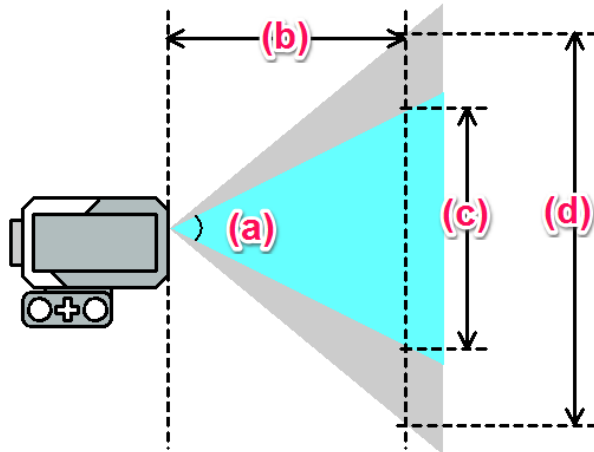
2.3.1 Värvanduri režiim

Andur eristab kaheksat värvi: värvitu, must, sinine, roheline, kollane, punane, valge ja pruun. Mõõtetulemus väljastatakse digitaalse reaalarvulise väärtusena vahemikus 0-7 (vt Joonis 5) (9).



Joonis 5. Anduri poolt eristatavad värvid (11)

Anduri mõõtekaugus on 15 kuni 55 mm. Efektiivne mõõtenurk on umbkaudu 45° (9).



Joonis 6. Anduri mõõtekaugused ja efektiivne mõõteala (12)

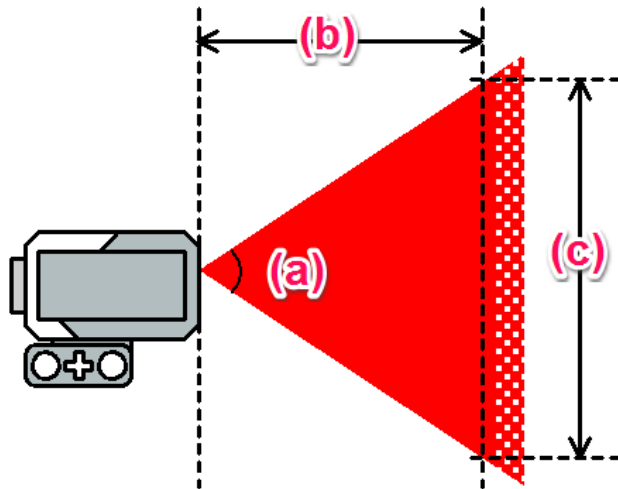
Joonise selgitused:

- (a) – mõõtenurk umbes 45°
- (b) – distants umbes 53 mm
- (c) – distants umbes 54 mm
- (d) – distants umbes 88 mm

Joonisel näha olev helesinine ala tähistab efektiivset mõõtepiirkonda. Hall ala tähistab mõõtepiirkonda, kus andur on võimeline registreerima värvimuutuseid, kuid üldjuhul korrektset värvitooni ei tuvastata (9).

2.3.2 Valgusanduri režiim

Andur suudab mõõta valgustugevuse intensiivsust eeldefineeritud skaalal 0-100 ühikut. Skaala väärtuses 0 tähendab absoluutset pimedust ja 100 absoluutset heledust. Värvitoon ei oma tähtsust. Mõõtmisel kasutatakse punast värvi. Värvivaliku põhjused ei ole teada (9).



Joonis 7. Anduri mõõtekaugused ja efektiivne mõõteala (13)

Joonise selgitused:

- (a) – mõõtenurk umbes 53°
- (b) – distant umbes 53 mm
- (c) – distant umbes 71 mm

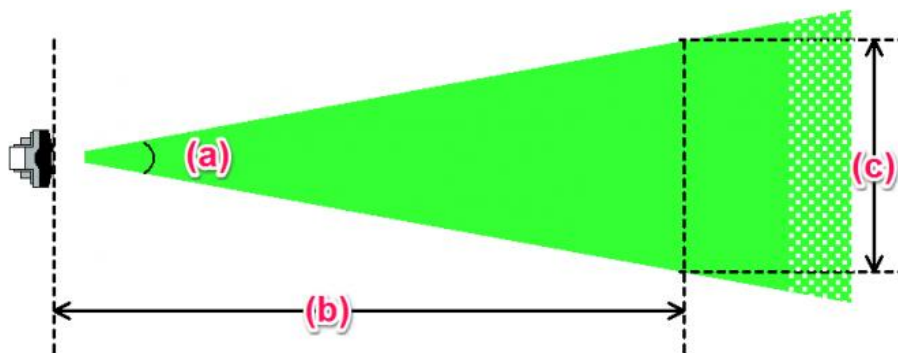
Joonisel näha olev punane ala tähistab efektiivset mõõtepiirkonda. Tagasipeegelduva valgusena kasutatakse punast valgust nagu näha ka joonisel (9).

2.4 Ultraheliandur

Digitaalne ultraheliandur ehk sonar on EV3 komplektis kasutatav kui distantse mõõtev andur. Andur genereerib ultrahelisignaali ning mõõdab andurist välja saadetud signaali ja objektilt tagasipeegeldunud signaali aega sekundites. Andur väljastab info numbrilisena ühe komakoha täpsusega kaugusmõõde ühikuna sentimeetrites või tollides. Kuulamisrežiimis tuvastab andur teisi ultrahelisignaale väljastades selle kohta väärtuse 0 või 1. Väärtus vastavalt: 0 – signaali ei ole tuvastatud; 1- signaal tuvastati (14).



Joonis 8. Ultraheliandur e. sonar (15)



Joonis 9. Anduri mõõtenurga arvutamine (16)

Joonise selgitused:

- (a) – mõõtenurk umbes 20°
- (b) – distants umbes 60 cm
- (c) – distants umbes 22 cm

Mõõtmisi teostati kasutades peegeldina piisava suurusega pappkarpi, millelt ultrahelilained tagasi peegeldusid ning nurk arvutati koheselt, kui mõõtetulemusena väljastati väärtus 60 cm. Nurga arvutamisel tekkiva kolmnurga haara asukoht fikseeriti objekti samateljelisel liigutamisel küljelt küljele ning tulemusena arvutati välja nurk (14).

Anduri tehnilised andmed:

- mõõtevahemik 3-250 cm;
- mõõtevigaga +/- 1 cm;
- väljastatav mõõtetäpsus 1 koht peale koma (vastavalt mõõtühikule);

- dekoratiivne anduri valgustus:
 - pidevalt sisselülitatud – edastatakse ultrahelilaineid;
 - plinkiv – kuulatakse ultrahelilainete esinemist (14).

2.5 *Güroskoopiline andur*

Digitaalne güroskoopiline andur suudab mõõta asendimuutust ühel teljel. Andur väljastab asendimuutust numbrilise väljundina kraadides. Kuna andur mõõdab korraka liikumist vaid ühel teljel, siis vastavasuunalise liikumise tuvastamiseks tuleb andur vastavalt paigaldada (17)



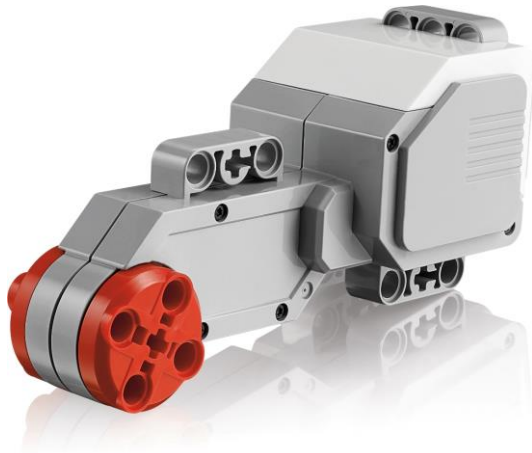
Joonis 10. Güroskoopiline andur (18)

Anduri tehnilised andmed:

- mõõteviga +/- 3°;
- maksimaalne mõõtesagedus 440° sekundis
- maksimaalne andmeedastus 1000Hz (1000 infoüksust sekundis) (17).

2.6 EV3 „suur“ mootor

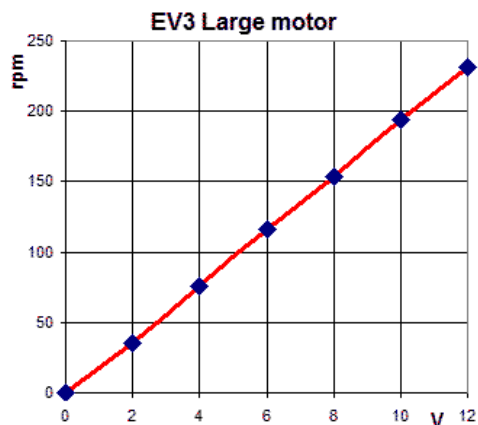
EV3 komplekti kuuluv „suur“ mootor on klassikaline alalisvoolu servomootor. Mootor väljastab infot pöörete arvu ja kraadide kohta ning selle info baasil on võimalik mootorile anda käivituskäskluseid. Pöörete kiirust juhitakse nimipinge muutmisega vahemikus 0-12 volti (19).



Joonis 11. EV3 „suur“ servomootor (20)

Mootori tehnilised andmed:

- mootoripöörete tagasiside juhtimiseks – rootori asendi nurga muutus täpsus 1°
- maksimaalne pöörete arv juhtploki ga garanteeritud nimipingel 9V – 175 p/min;
- maksimaalne pöörete arv nimipingel 12V – 240 p/s;
- pöördemoment töötamisel – 0,21Nm;
- pöördemoment käivitamisel – 0,41Nm (19, 21).



Joonis 12. EV3 „suure“ mootori pöörete arvu muutus nimipinge muutmisel (22)

Tabel 2. EV3 „suure“ mootori efektiivsuse ja võimsuse kasv erinevatel nimipingetel (21)

nimipinge	Pöörde- moment	Pöörete arv minutis	Vool	Mehhaaniline võimsus	Elektriline võimsus	efektiivsus
4,5V	17,3Nm	24	0,69A	0,43W	3,10W	14%
6V	17,3Nm	51	0,69A	0,92W	4,14W	22%
7,5V	17,3Nm	78	0,69A	1,41W	5,17W	27%
9V	17,3Nm	105	0,69A	1,90W	6,21W	31%
10,5V	17,3Nm	132	0,69A	2,39W	7,24W	33%
12V	17,3Nm	153	0,69A	2,77W	8,28W	30%

2.7 EV3 „keskmise“ mootor

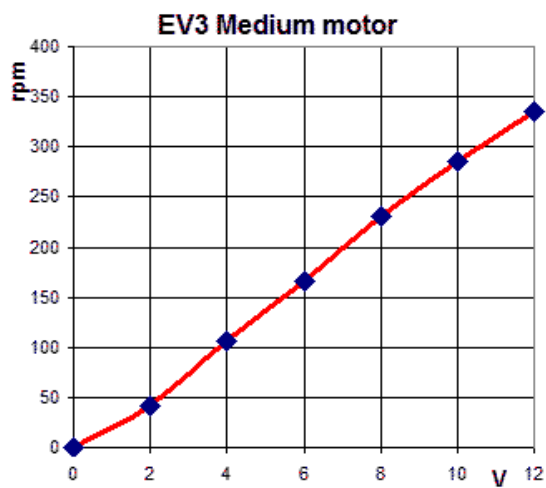
EV3 komplekti kuuluv „keskmise“ mootor on klassikaline alalisvoolu servomootor. Mootor väljastab infot pöörete arvu ja kraadide kohta ning selle info baasil on võimalik mootorile anda käivituskäskluseid. Pöörete kiirust juhitakse nimipinge muutmise vahemikus 0-12 volti Eelmisest kirjeldatud mootorist eristab seda mootorit suurem pöörete arv, mis tuleneb ülekandesuhte erinevusest. Robotikomplektis kasutatakse mootorit pigem juhtmootorina erinevate mehhaaniliste tegevuste läbiviimiseks, kui roboti liigutamisel kasutatava mootorina. (19).



Joonis 13. EV3 „keskmine“ mootor (23)

Mootori tehnilised andmed:

- mootoripöörete tagasiside juhtimiseks – rootori asendi nurga muutus täpsus 1°
- maksimaalne pöörete arv juhtploki ga garanteeritud nimipingel 9V – 260 p/min;
- maksimaalne pöörete arv nimipingel 12V – 340 p/s;
- pöördemoment töötamisel – 0,08Nm;
- pöördemoment käivitamisel – 0,12Nm (19, 21).



Joonis 14. EV3 „keskmise“ mootori pöörete arvu muutus nimipinge muutmisel (24)

KOKKUVÕTE

Kokkuvõtlikult võib öelda, et Lego® Mindstorms® EV3 baaskomplekti puhul on tegemist igati tänapäevase ja võimeka robotikakomplektiga, mis sobib eelkõige väga heaks õppevahendiks üldhariduskoolides, kuid pakub kindlasti ka häid baastadmiste omandamise võimalusi kõrgemates kooliastmetes. Kuna käesolev referaat ei käsitlenud EV3 juhtmooduli programmeerimist, mille kaudu kõikide anduritest saadavate algandmete abil täidetakse erinevaid ülesandeid, siis jääb täielik pilt mõnevõrra piiratuks. Kombineeritud valik anduritest ning mootoritest annab head võimalused erinevate stsenaariumite rakendamiseks. Samuti on võimalik komplekti kombineerida ka mehhaanikaga, mis laiendab võimalusi veelgi. Kahjuks peab tõdema, et süvatehnilist infot erinevate andurite ehituse ja tehniliste lahenduste kohta ei ole õnnestunud hankida. Tootja poole pöördumisel keelduti informatsiooni väljastamast viidates otseselt äri- ja tööstussaladusele.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Afrel. Overview – [WWW] URL <http://www.ev-3.net/en/archives/100> (05.01.2014)
2. Lego.com news – [WWW] URL <http://www.lego.com/en-us/mindstorms/news/2013/january/announcing-lego-mindstorms-ev3/> (04.01.2013)
3. Lego.com news – [WWW] URL <http://www.lego.com/en-us/mindstorms/news/2013/july/ev3-hits-shelves-sept-1/> (31.07.2013)
4. Ibrickcity.com – [WWW] URL <http://www.ibrickcity.com/wp-content/gallery/mindstorms-ev3/lego-mindstorms-ev3-31313-robot-2013-ibrickcity-10.jpg> (05.01.2014)
5. Afarel, Specifications for LEGO MINDSTORMS Education EV3 Intelligent Brick – [WWW] URL <http://www.ev-3.net/en/archives/850> (05.01.2014)
6. storage.technicbricks.com – [WWW] URL http://storage.technicbricks.com/Media/2013/TBs_20130107_1/TBs_20130107_1a.jpg (01.07.2013)
7. Afarel EV3 Touch Sensor – [WWW] URL <http://www.ev-3.net/en/archives/846> (05.01.2014)
8. storage.technicbricks.com – [WWW] URL http://storage.technicbricks.com/Media/2013/TBs_20130108_1/TBs_20130108_1_08.jpg (05.01.2014)
9. Afarel What is EV3 Color Sensor? – [WWW] URL <http://www.ev-3.net/en/archives/847> (05.01.2014)
10. storage.technicbricks.com – [WWW] URL http://storage.technicbricks.com/Media/2013/TBs_20130108_1/TBs_20130108_1_09.jpg (05.01.2013)
11. Afarel – [WWW] URL <http://www.ev-3.net/cms/wp-content/uploads/2013/04/colortable.png> (05.01.2014)
12. Afarel – [WWW] URL http://www.ev-3.net/cms/wp-content/uploads/2013/04/kakudo2_ev3.png (05.01.2014)
13. Afarel – [WWW] URL http://www.ev-3.net/cms/wp-content/uploads/2013/04/kakudo1_ev3.png (05.12.2014)

14. Afarel EV3 Ultrasonic Sensor – [WWW] URL <http://www.ev-3.net/en/archives/844> (05.01.2014)
15. nextrobota.com – [WWW] URL http://www.nextrobota.com/main/wp-content/uploads/2013/01/8357229673_58f3eeb4fe_o-800x783.jpg (05.01.2014)
16. Afarel – [WWW] URL <http://www.ev-3.net/cms/wp-content/uploads/2013/04/kakudo-660x268.png> (05.01.2014)
17. Afarel EV3 Gyro Sensor <http://www.ev-3.net/en/archives/849> (05.01.2014)
18. storage.technicbricks.com – [WWW] URL http://storage.technicbricks.com/Media/2013/TBs_20130108_1/TBs_20130108_1_10.jpg (05.01.2014)
19. Afarel EV3 Motor – [WWW] URL <http://www.ev-3.net/en/archives/96> (05.01.2014)
20. storage.technicbricks.com – [WWW] URL http://storage.technicbricks.com/Media/2013/TBs_20130108_1/TBs_20130108_1_06.jpg (05.01.2014)
21. LEGO® 9V Technic Motors compared characteristics – [WWW] URL <http://www.philohome.com/motors/motorcomp.htm> (05.01.2014)
22. LEGO® 9V Technic Motors compared characteristics – [WWW] URL <http://www.philohome.com/motors/rpm-v-ev3large.gif> (05.01.2014)
23. storage.technicbrics.com – [WWW] URL http://storage.technicbricks.com/Media/2013/TBs_20130108_1/TBs_20130108_1_07.jpg (05.01.2013)
24. LEGO® 9V Technic Motors compared characteristics – [WWW] URL <http://www.philohome.com/motors/rpm-v-ev3medium.gif> (05.01.2014)