

NUTIROBOT

Nutitelefonist kaugjuhitava roboti ehitamine *Raspberry Pi* baasil

Täispika juhendi leiad nutirobot.ut.ee lehelt!

NUTIROBOT on ainulaadne robot, mille ehitamisega saab hakkama iga tehnoloogiahuviline noor ning mille juhtimiseks saab kasutada nutitelefon. NUTIROBOTi ehitamiseks ei ole vaja ülikooli haridust ega kõrgeid teadmisi elektroonikast või programmeerimisest. Robot on mõeldud iseseisvalt juhendi järgi ehitamiseks noortele alates 10. eluaastast, soovitatavalt täiskasvanu juuresolekul.

Enne ehitama asumist veendu, et sul on olemas kõik vajalik roboti ehitamiseks.

	MIS ASI?	KUST LEIAD?	PALJU MAKSAB?
1.	Raspberry Pi 2 või Raspberry Pi 3	ITTgrupp / Farnell	41 €
2.	8GB või 16GB µSD mälukaart UHS-I kiirusklass	arvutipood	12 €
3.	5V akupank (vähemalt 2200mAh)	arvutipood	10 €
4.	Edimax nano wifi adapter EW-7811Un (Raspberry Pi3 juba sisaldab WiFi adapterit)	arvutipood	10 €
5.	Mootor 2 tk Continous micro servo FS90R	ITTgrupp	17 €
6.	Juhtmed M-F jumper wire 10cm	Oomipood / ITTgrupp	2 €
7.	CD/DVD plaat 4 tk (võib olla kasutatud)	Arvutipood	1 €
8.	LED (valgusdiodid) ja takisti	Oomipood	1 €
9.	14x9x3 cm plastmassist toidukarp		1 €
10.	monitor, HDMI kaabel, arvutihiir ja klaviatuur, nutitelefon, arvuti	Eeldame et on olemas	0 €
		Kokku	95 €

Juhendi autor ei eelista ühte poodi teisele vaid soovib osta odavaimast.

Lisaks kulumaterjalidele on vaja veel ka mõningaid tööriistu, mis on enamasti leitavad igas kodus või saadaval hästivarustatud tööriistapoodides:

- Akutrell ja 2mm puur
- Väikese ristotsaga PH0 kruvikeeraja
- Multimeeter
- Liimipüstol ja liimipulgad või Superliim
- Kahepoolne teip (või isoleerteip)



Kogenum robotiehitaja võib NUTIROBOTi kokku panna järgnevas peatükis leitava lühijuhendi järgi. Vähemkogenud meisterdaja jaoks on juhendi järgnevates peatükkides kõik tegevused detailsemalt lahti kirjutatud. Lisaks on mitmete peatükkide juurde lisatud ka selgitavat ja silmaringi laiendavat informatsiooni.

1. LÜHIJUHEND

Mälukaardi vormindamine

1. Vormindage SD mälukaart **SD Formatter 4.0** tarkvaraga (https://www.sdcard.org/downloads/formatter_4/).

Operatsioonisüsteemi allalaadimine, *Raspberry Pi* käivitamine ja seadistamine

2. Laadige *Raspberry Pi* kodulehelt (<https://www.raspberrypi.org/downloads/noobs/>) alla **NOOBS**.
3. Pakkige NOOBS.zip faili lahti ja kopeerige failid SD mälukaardile.
4. Paigaldage SD mälukaart *Raspberry Pi* vastavasse pesasse.
5. Ühendage hiir, klaviatuur, monitor, wifi adapter või võrgukaabel ning viimaks toide.
6. Käivitage *Raspberry Pi* ja valige paigaldatavaks operatsioonisüsteemiks *Raspian*.
7. Alustage installeerimist ja oodake, kuni operatsioonisüsteemi paigaldatakse.
8. Seadistuse aknas tehke vajalikud muudatused: vahetage parool, aktiveerige *Enable Boot to Desktop*, valige eestikeelne klaviatuur, lubage SSH ja muutke *hostname*.

Raspberry Pi wifi võrku ühendamine

9. Ühendage *Raspberry Pi* WiFi võrku, klõpsates ekraani paremal üleval servas WiFi märgil.
10. Kirjutage üles oma *Raspberry Pi* IP-aadress.

Mootorite ja LEDi ühendamine *Raspberry Pi* külge

11. Ühendage LED ja mootorid *Raspberry Pi* viikudele.

Roboti tarkvara paigaldamine ja käivitamine

12. Laadige <http://nutirobot.ut.ee> lehelt *NutiRobot.py* ja *index.html* failid.
13. Andke endale mõlema faili muutmise õigused (`chmod 755 NutiRobot.py`).
14. Käivitage tarkvara terminalis käsuga ***sudo python3 NutiRobot.py***
15. Ühendage oma nutiseade (telefon või tahvelarvuti) *Raspberry Pi*-ga samasse WiFi võrku.
16. Sisestage oma nutitelefoni veebilehitsejasse *Raspberry Pi* IP-aadress ja lisage lõppu „:8080“. (näiteks `http://192.168.11.101:8080`)
17. Nüüd peaks nutitelefoni kallutades roboti mootorid liikuma.

Roboti kokku panemine

18. Valmistage ette roboti kere - tehke karpi noaga augud ja kinnitage mootorid kuuma liimiga, lisage rattad.
19. Lülitage *Raspberry Pi* välja, asendage voluvõrgu toide 5V akupangaga ja kui *Raspberry Pi* on käivitatud, sisestage uuesti terminali käsk ***sudo python3 NutiRobot.py &***
20. Eemaldage hiir, klaviatuur ja monitori kaabel.
21. Pange kõik komponendid roboti kere (karbi) sisse ja asetage NUTIROBOT põrandale.

Nutiroboti käivitamine

22. Sisestage uuesti oma nutitelefoni veebilehitsejasse *Raspberry Pi* IP-aadress ja lisage lõppu „:8080“. (näiteks `http://192.168.11.101:8080`)
23. ÕNNITLUSED! Teie robot on valmis sõitma, selleks kallutage oma telefoni erinevates suundades.



2. NUTIROBOTI ehitamise detailne juhend iseseisvaks ehitamiseks.

2.1 SD Mälukaardi vormindamine

1. Ühendage mälukaart oma arvutiga.

Võtke SD mälukaart (pisike plassmassist kiibiga riskülik) ja ühendage see oma arvutiga (kui arvutil on selle lugemiseks sobiv pesa olemas). Kui arvutil ei ole sobivat sisse ehitatud mälukaardi lugejat, siis kasutage spetsiaalset SD lugejat, mida saate oma arvutiga ühendada. NB! Olge tähelepanelik, et kaart õiget pidi oleks. Arvutis peaks nüüd näitama lisandunud seadet.

2. Laadige alla SD Formatter 4.0 tarkvara.

Minge veebilehele https://www.sdcard.org/downloads/formatter_4/. Valige sealt oma arvuti operatsioonisüsteemile sobiv tarkvara versioon. Nõustuge järgneval lehel litsentsitingimustega, laadige tarkvara alla, pakkige allalaetud fail lahti ning installeerige tarkvara.

3. Vormindage mälukaart.

Käivitage SD Formatter tarkvara, valige mälukaart, mida soovite vormindada ja alustage vormindamist.

NB! Vormindamisel tuleb olla ettevaatlik. Kontrollige, et valisite õige mälukaardi (see kaart, mis läheb *Raspberry Pi* sisse), sest antud programm kustutab kogu mälukaardil oleva info.

Täiendav info:

Mälukaardi vormindamiseks kasutatakse siin SD Formatter 4.0 tarkvara, sest SD Formatter 4.0 tarkvara vormindab mälukaarte paremini kui operatsioonisüsteemidega tavaliselt kaasas olevad vorminduse programmid. SD Formatter 4.0 tarkvara toetab kõiki SD/SDHC/SDXC tüüpi mälukaarte.

2.2 Operatsioonisüsteemi allalaadimine

1. Lehel <https://www.raspberrypi.org/downloads/noobs> valige *NOOBS Offline and network install* ja laadige alla. Fail on ~1GB suur, seega varuge aega.
2. Pakkige alla laetud ZIP fail lahti.
3. Kopeerige kogu lahti pakitud NOOBS kausta sisu SD mälukaardile.

2.3 Raspberry Pi käivitamine

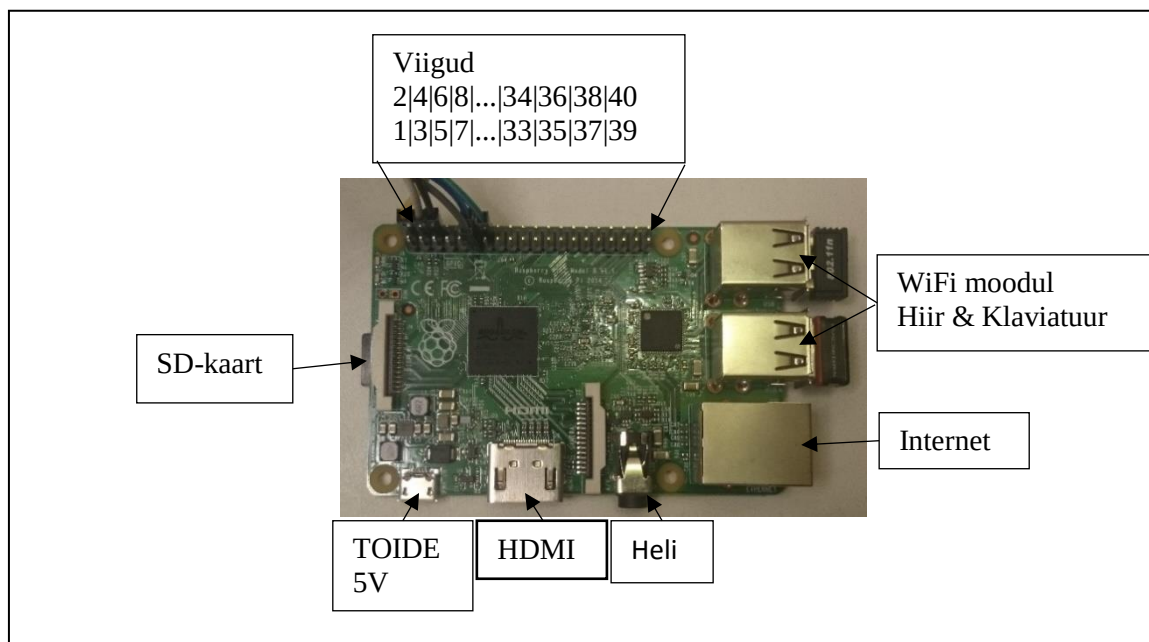
1. Eemaldage SD mälukaart arvuti küljest ja asetage see *Raspberry Pi* vastavasse pessa.
2. Ühendage *Raspberry Pi* USB pesasse klaviatuur, hiir ja vajadusel WiFi adapter (*Raspberry Pi* 3'l on WiFi juba sisse ehitatud) nagu näidatud joonisel 1.
3. Ühendage monitor *Raspberry Pi* külge.

Ühendamiseks on soovitatav kasutada HDMI-HDMI, HDMI-DVI, HDMI-DisplayPort kaableid või HDMI-VGA adapterit. Monitor on vajalik, et näha esmase seadistamise ajal miniarvuti ekraanipilti.

4. Kui kõik on õigesti ühendatud, ühendage *Raspberry Pi* toiteallikaga. Sellega ühtlasi käivitatakse *Raspberry Pi*.

Mõistlik oleks alguses Raspberry Pi-le voolu anda vooluvõrgust, kasutades selleks nutitelefoni USB laadijat, et säästa akupanga energiat hilisemaks kasutamiseks. **NB! Kasutage vähemalt 1,5A väljundvooluga laadijat või toiteadapterit. Ärge ühendage Raspberry Pi-d arvuti ega monitori USB pesasse.** Ebapiisava toitevoolu korral ei pruugi *Raspberry Pi* korralikult töötada: näiteks käivitamisel teeb korduvaid alglaadimisi, ei võta pilti ette, mootorid ei tööta või esineb mõni muu probleem.

5. Kasulik oleks nüüd ka akupank laadima panna. Selleks ühendage USB laadija akupanga „IN-5V“ pesasse.



Joonis 1. Raspberry Pi 2 ja selle ühendusliidesed

2.4 Raspberry Pi-le operatsioonisüsteemi paigaldamine

Kui olete *Raspberry Pi* käivitanud, siis esimese asjana avaneb teil aken kirjaga „NOOBS v1.4 – Built: Feb 18 2015“. Teksti tagumine osa (kuupäev) võib olla erinev, sõltuvalt kasutatavast versioonist. Soovitav on kasutada uusimat versiooni, seega ei tasu välja teha, kui teie tarkvaral on uuem versioon kui siin juhendis kirjas.

1. Avanenud aknas „NOOBS ...“ tehke hiirega ristike - märgistage valituks - „**Raspbian** [RECOMMENDED]“ ja „**Data Partition**“.
2. Vajutage „**Install (i)**“ nupule
3. Oodake kuni operatsioonisüsteemi installeeritakse.
4. Kui sinine indikaatorjoon on jõudnud lõppu ja ilmub aken kirjaga „OS(es) Installed Successfully“ vajutage nupule „OK“. Pärast seda *Raspberry Pi* taaskäivitub.

NB! Juhul, kui saate paigaldamise ajal veateate, on mälukaardile vajalik teha täielik vormindamine (vt. peatükk 2.1). Vormindamine käigus tuleb kindlasti valida vormindamise tüübiks FORMAT TYPE: FULL (Overwrite).

Täiendav info:

Raspberry Pi on ARM protsessori arhitektuuriga miniarvuti, mis oskab käivitada erinevaid operatsioonisüsteeme. Raspberry Pi loojad on loonud Debian Linuxi baasil süsteemi alustarkvara (operatsioonisüsteemi) nimega Raspbian, mis on vaieldamatult kõige populaarsem Raspberry Pi-l kasutatav tarkvara. Raspberry Pi-l töötavad veel ka näiteks Arch ja Pidora Linux, RISC OS ja ka Windows 10 IoT (vähendatud funktsionaalsusega Windowsi versioon erilahendusteks). Siinkohal soovime Raspbian'it, mis on kõige populaarsem ja esimest korda kasutajale lihtsam. Samuti leidub internetis tuhandeid veebilehekülgi, kust te leiate vastuseid küsimustele või saate abi küsida.

2.5 Raspberry Pi seadistamine

Sisestage käsureale käsklus „**sudo raspi-config**“. Avanenud „Raspberry Pi Software Configuration Tool (raspi-config)“ tööaknas tehke järgmised muudatused:

1. Nr 2. Change User Password – vajutage kaks korda <ENTER> klahvi ja sisestage kasutajale „pi“ uus parool - näiteks „NutiRobot88“. Kirjutage uus parool üles, seda läheb hiljem vaja.
2. Nr 3. Enable Boot to Desktop/Scratch – <ENTER> ja valige „Desktop Log in as user 'pi' at the graphical desktop“. Antud valikuga käivitatakse Raspberry edaspidi graafilises keskkonnas, kus on veidi lihtsam tegutseda.
3. Nr 4. Internationalisation Options <ENTER> – „Change Locale“ <ENTER> ja avanenud aknas valige „et_EE.UTF-8 UTF-8“ (valiku tegemiseks kasutage klaviatuuril tühiku klahvi) <ENTER>, edasi valige „Configuring locales“ „en_GB.UTF-8“ vajutage <ENTER>. Antud valikud seadistavad süsteemi kasutama Eestis levinud arvuti seadistusi, kus näiteks komaga arve tähistatakse ' , ', mitte ' . '.
4. Nr 4. Internationalisation Options <ENTER> – „Change Timezone“ <ENTER>, „Europe“ <ENTER> ja „Tallinn“ <ENTER>. Eelnevaga seadistasite Raspberry Pi kellaaja Eesti ajavööndisse.
5. Nr 4. Internationalisation Options <ENTER> – „Change Keyboard Layout“ <ENTER>, „Generic 105-key (Intl) PC“ <ENTER>, „Keyboard Layout“ valige „Other“ ja „Estonian“ ning veelkord „Estonian“ <ENTER>, edasi rohkem muudatusi ei tee, ülejäänud jäävad vaikeväärtusteks mille saate kinnitada vajutades 3 korda <ENTER> klahvi.

6. Nr 8. Advanced Options <ENTER> - „Hostname“ <ENTER>, <ENTER> ja siis sisestage oma Raspberry Pi-le meelepärane nimi ning <ENTER>. Seda nime hakkab teie Raspberry Pi kasutama kohalikus võrgus teiste arvutitega suheldes.
7. Nr 8. Advanced Options <ENTER> - „SSH“ <ENTER> klahv ja <ENABLE>. Lubate turvalise SSH ühenduse Raspberry Pi-sse.
8. Vajutage <Finish>, selleks vajutage kaks korda nooleklahvi paremale või <TAB> klahvi ja <ENTER>. Ning taaskäivitage Raspberry Pi.
9. Kui avaneb ilus vaarika pilt, siis olete esimese osaga juhendist edukalt hakkama saanud ja võite edasi liikuda.



2.6 Raspberry Pi WiFi seadistamine

Traadita võrguühendust (WiFi) on vaja, et saaks ehitatavat robotit üle WiFi võrgu juhtima hakata. Roboti nutiseadmest juhtimise jaoks peavad nii robot kui ka nutiseade olema ühendatud samasse WiFi võrku. Selleks võiks kasutada nutiseadme „**hotspot**“ võrku (vt. käesoleva peatüki lõppu) või siis kasutada mõnda olemasolevat WiFi võrku.

Wifi seadistamiseks:

1. Otsige ekraani paremas üleval nurgas asuvat kahe sinise ekraaniga arvuti ikooni.
2. Tehke sellel ikoonil vasaku hiire klahviga klõps.
3. Kui näete WiFi võrkude nimesid on kõik hästi. Vajutage soovitud WiFi nimel ja kui vaja, sisestage vastava võrgu parool.
4. Kui ikoon muutub neljast kaarest koosnevaks sektoriks, olete kõik hästi teinud ja teil on WiFi võrguga ühendus.

Hiljem on vaja teada Raspberri Pi'le omistatud võrguaadressi (edaspidi IP-aadress), et seda *Raspberry Pi*-ga ühenduse saamiseks nutiseadmesse sisestada. Mõistlik oleks see üles kirjutada.

IP aadressi teada saamiseks:

1. Minge hiirega võrguühenduste ikooni peale.
2. Jätke hiir liikumatult sinna vähemalt üheks sekundiks
3. Avaneb kollane hüppikaken IP-aadressiga (näiteks rida wlan0 Configured **192.168.43.127/24**). Kalkkriipsu ees olevad nelja punktidega eraldatud numbrit kutsutakse IPv4 võrguaadressiks ja selle järgi on võimalik erinevaid seadmeid võrgus (sh. internetis) tuvastada ja nendega ühendust võtta.
4. Kirjutage IP aadress endale üles.

Kui mingil põhjusel WiFi ühendus ei õnnestunud, on soovitatav teha järgmist:

1. Kui kasutate *Raspberry Pi* 2 mudelit, siis veenduge, et USB WiFi adapter on korralikult USB pesasse ühendatud. (*Raspberry Pi* 3 mudelile on WiFi juba sisse ehitatud.)
2. Veenduge, et *Raspberry Pi* kasutab vähemalt 1A väljundiga soovitatavalt 2A väljundiga toiteadapterit.
3. Tehke *Raspberry Pi*-le taaskäivitus ja veenduge, et taaskäivitamise ajal on WiFi adapter ühendatud.
4. Kui teil on olemas mitme WiFi võrgu nimed, aga mingil põhjusel ei taha *Raspberry Pi* soovitud Wifi võrku ühenduda, proovige kasutada teist WiFi võrku või teha WPA2 hotspot oma telefoniga.
5. Veenduge, et kasutate EDIMAX EW-7811Un või mõnda muud *Raspberry Pi* poolt toetatud WiFi adapterit: http://elinux.org/RPi_USB_Wi-Fi_Adapters.
6. Ostke uus WiFi adapter EDIMAX EW-7811Un või mõni muu toetatud WiFi adapter.
7. Proovige mitte-toetatud adapter tööle saada, kasutades Google ja eelneva elinux lehe abi.
NB! Enamasti tulemus ei ole positiivne ja peate siiski mõnda teist WiFi adapterit kasutama

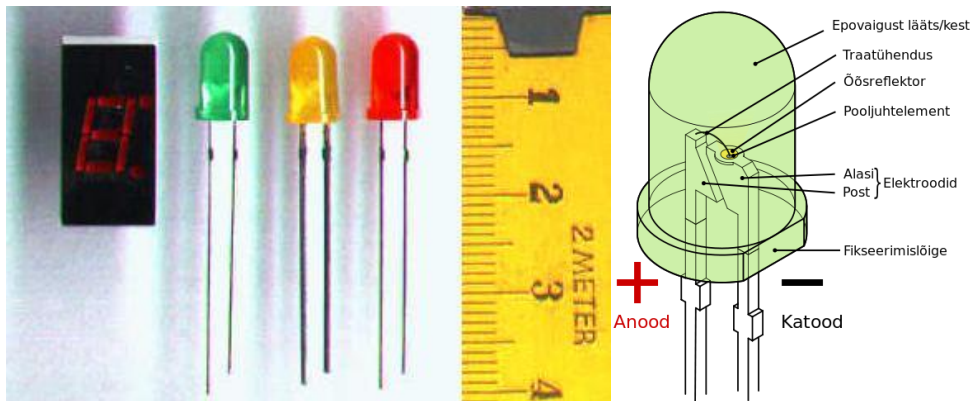
Lisalugemist:

Alternatiivina Wifi-le on võimalik seadistada oma nutitelefon „**hotspot**“ režiimi (eesti keeles leviala, kaasaskantav WiFi, kuumkoht vms). Android telefonil tõmmake näpuga ekraani ülevalt servast kahe sõrmega alla. Avaneb seadete menüü. Hoidke näppu peal „mobile hotspot“ valikul, mille tagajärjel peaks avanema hotspoti seadete aken. Seal veelkord hoidke näppu kirjal mobile hotspot. Avanenud aknas vajutage all servas kirjale seadista (configure). Seejärel saate muuta oma kaasaskantava WiFi kuumkoha seaded. WiFi nime (Network SSID) ja parooli (Password) võite ise valida. Turvalisuse seadeteks (Security) valige WPA2 või WPA2 PSK. Seejärel salvestage valikud ja aktiveerige (enable) hotspot ühendused. Nüüd peaksite korra roboti külge ühendama hiire, klaviatuuri ja HDMI kaabli. Seejärel, sarnaselt varasemale, ekraani üleval paremas nurgas oleval traadita ühenduse pildil vajutades, saate värskelt loodud WiFi võrku ühenduda. Hotspot seadete juures nutitefonis peaks nüüd olema nähtav ühendatud roboti võrgunimi ja IP-aadress. (WiFi seadistamine on telefonidel erinev, täpse juhise leiate oma telefoni käsiraamatust.)

Juhendi autoridsoovitavad kasutada mobiilse seadme WiFi hotspot lahendust, sest sellisel juhul on juhtimine väiksema viivisega ja robot tundub paremini juhitud ning reageerib juhtsignaalidele kiiremini.

2.7 LEDi vilgutamine

Kõrvalepõikena roboti ehitamisele võiks proovida LEDi ehk valgusdiodi sisse-välja lülitamist. LEDist saab hiljem indikaatortuli NUTIROBOTile, mis põleb, kui robot parasjagu töötab.



Joonis 2. Valgusdiodi (LED) ehitus. Allikas [Vikipeedia](https://et.wikipedia.org/wiki/LED).

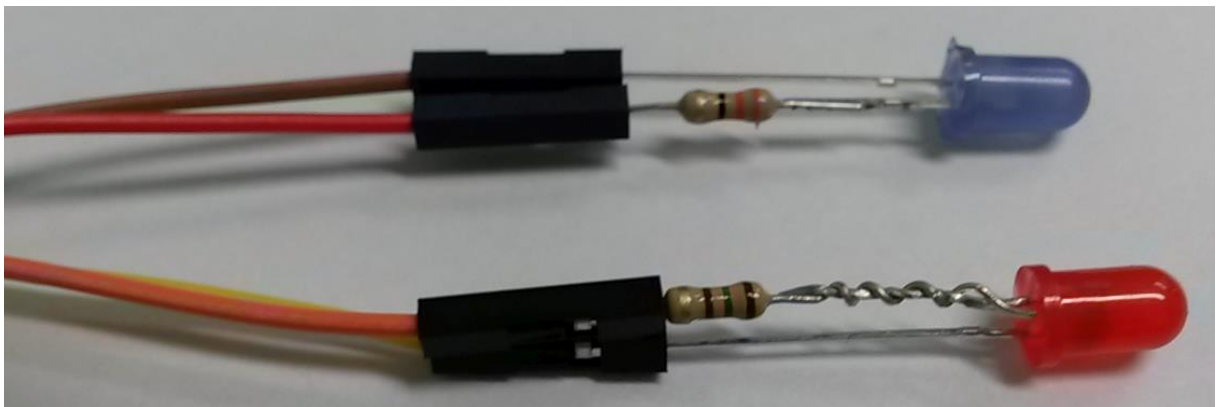
1. Ühendage LED takistiga.

Takisti on vaja lisada, et piirata voolu ja kaitsta sellega LEDi ning *Raspberry Pi*-d võimalike kahjustuste eest. Kuidas valida LEDi ja sellele sobivat takistit, loe käesoleva peatüki lõpust, rubriigist „Lisalugemist“.

LEDi saab takistiga ühendada:

- Jootes LEDi ja takisti omavahel kokku.
 - Keerates LEDi ja takisti omavahel kokku - siis ei lähe täiendavaid tööriistu vaja (joonisel 3 alumine).
- NB!** Eri värvi LEDide puhul peab kasutama erinevat takistit, kuna eri värvi LEDid hakkavad erineva pingega juures tööle (vt. käesoleva peatüki lõppu).

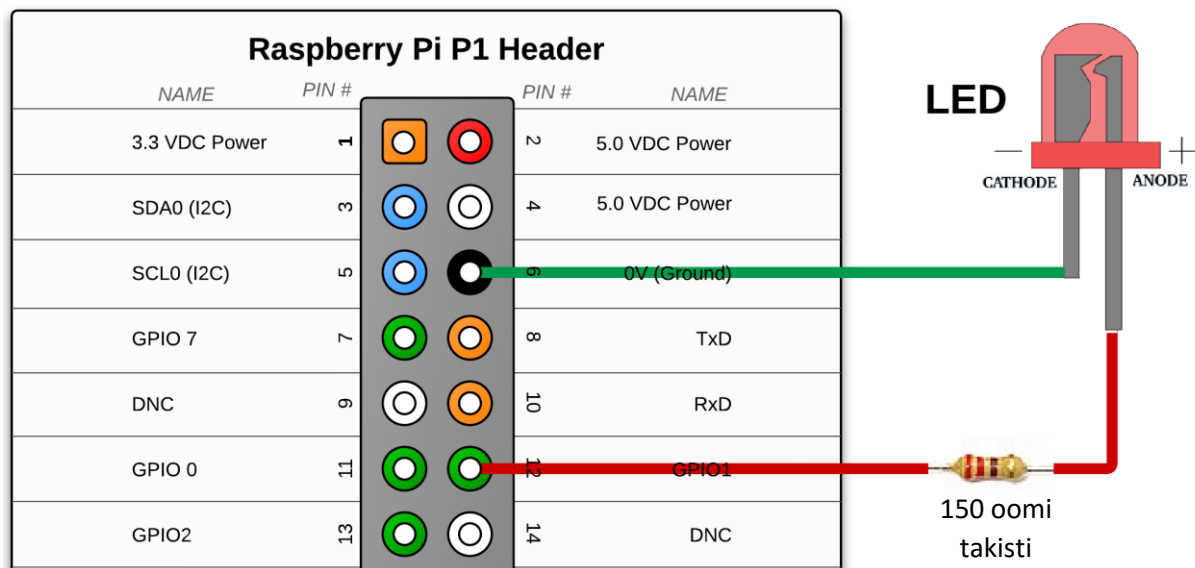
2. Kinnitage juhtmed LEDi ja takisti külge (vt joonis 3).



Joonis 3. LEDi ühendamine takistiga

3. Kinnitage juhtmed *Raspberry Pi* viikude külge nagu on näidatud joonisel 4.

NB! LEDi puhul on oluline, kumba pidi seda teiste seadmetega ühendada. Kui LED ühendada valesti, siis LED ei tööta.



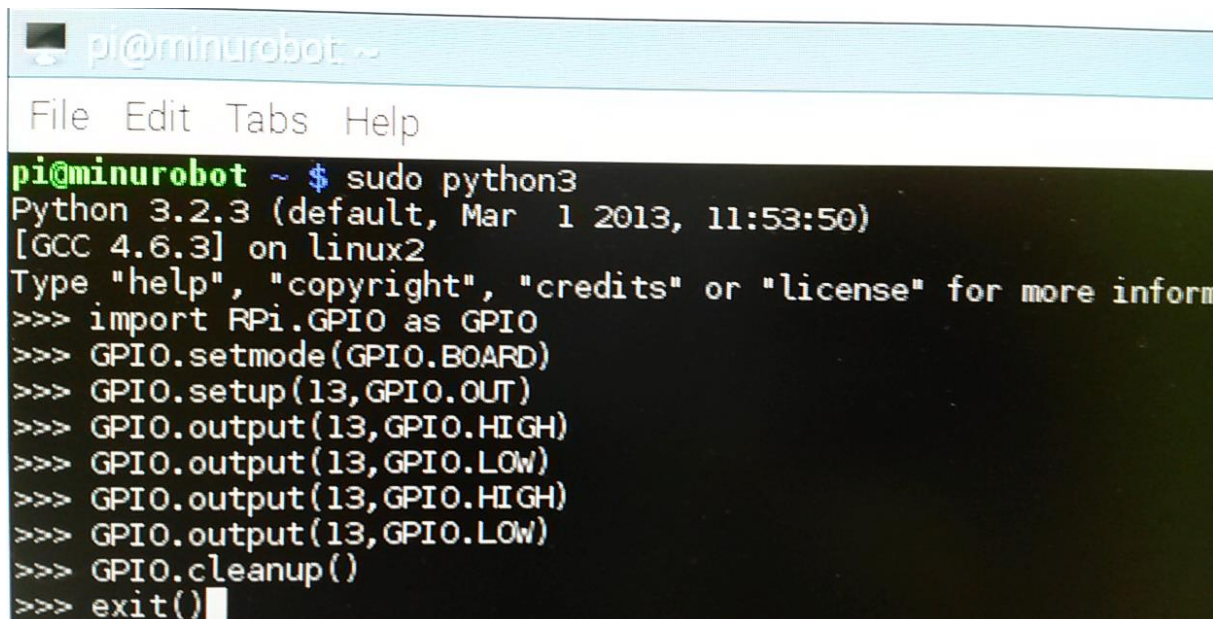
Joonis 4. Raspberry Pi ja valgusdiodi ühendamist illustreeriv skeem. NB! Pöörake tähelepanu kumba pidi LED ühendatud on!

4. LEDi põlema panemiseks/kustutamiseks **kirjutage pisikene programm**, millega juhite *Raspberry Pi* sisend-/väljundviike (mõnikord nimetatud ka kontakt, jalg, inglise keeles *pin*). Selleks:
 1. Vajutage *Rasberry Pi* ekraani üleval vasakus nurgas asuvale musta ekraaniga arvuti pildile. Avaneb terminali ehk shelli aken - koht, kuhu saab arvuti jaoks käske sisestada.
 2. Kirjutage terminali aknasse järgmised read kuni viimase rea # märgini. Iga rea kirjutamise järel vajutage <ENTER>.

`sudo python3` #käivitatakse Python 3 programmeerimiskeskond administraatori õigustes

```
import RPi.GPIO as GPIO # Sisend/väljund viikude paketi lisamine
GPIO.setmode(GPIO.BOARD) # viikude valimine numbrilisel kujul
GPIO.setup(12, GPIO.OUT) #viik nr 12 väljundiks seadistamine.
GPIO.output(12,GPIO.HIGH) #viik nr 12 väärtuse kõrgeks seadistamine [LED hakkab põlema]
GPIO.output(12,GPIO.LOW) #viik nr 12 väärtuse madalaks seadistamine [LED kustub ära]
GPIO.output(12,GPIO.HIGH) #viik nr 12 väärtuse kõrgeks seadistamine [LED hakkab põlema]
GPIO.output(12,GPIO.LOW) # viik nr 12 väärtuse madalaks seadistamine [LED kustub ära]
GPIO.cleanup() # kõikide sisend/väljund viikude seadistuse tühistamine
exit() #pythonist väljumine
```

NB! Linuxi käsurida on tõusutundlik - see tähendab, et on oluline, kas trükitakse suured või väikesed tähed.



```
pi@minurobot ~ $ sudo python3
Python 3.2.3 (default, Mar 1 2013, 11:53:50)
[GCC 4.6.3] on linux2
Type "help", "copyright", "credits" or "license" for more information
>>> import RPi.GPIO as GPIO
>>> GPIO.setmode(GPIO.BOARD)
>>> GPIO.setup(13, GPIO.OUT)
>>> GPIO.output(13, GPIO.HIGH)
>>> GPIO.output(13, GPIO.LOW)
>>> GPIO.output(13, GPIO.HIGH)
>>> GPIO.output(13, GPIO.LOW)
>>> GPIO.cleanup()
>>> exit()
```

Joonis 5. Terminalis sisestatud käsud koos oodatava väljundiga, kui LED on ühendatud viik number 13 külge. LEDi võib ühendada suvalise viigu külge, programm tuleb siis vastavalt viigu numbrile ümber kohandada.

Täiendavat uurimist:

Iseseisvalt võite uurida, kuidas teha nii, et LED vilguks lõputult näiteks ühe korra sekundis.

Lisalugemist:

LEDi ja takistit saab osta kohalikust elektroonikapoeist (näiteks Oomipood). NUTIROBOTi jaoks on soovitatav osta värviline, näiteks punane 5mm 10mA matt LED. Ilma voolu piirava takistita ei tasu LEDi kunagi ühendada – on suur tõenäosus LED läbi põletada.

Eri värvi LEDid vajavad töötamiseks erinevat pinget („forward voltage“). LEDile vajalik voolu ja pinge on LEDi tehnilises kirjelduses (inglise keeles „datasheet“) kirjas olema. Näiteks: punased LEDid vajavad 1,9V, kollased 2,0V, rohelised 2,1V ning sinised ja valged ~3V toitepinget. Vooluallika pingest ja LEDile vajalikust pingest sõltub, missugust takistit kasutada.

Sobiva takisti leidmiseks on vaja teada, et Raspberry Pi viigud väljastavad voolu pingega +3,3V ja voolutugevusega kuni 16mA. Kui on teada, et Raspberry Pi viik väljastab voolu pingega +3,3V ja punased LEDid hakkavad tööle 1,9V juures, siis peab punase LED korral takisti abil toitepinget alandama $3,3\text{ V} - 1,9\text{ V} = 1,4\text{ V}$ võrra. Kui LEDile vajalik voolutugevus on 10mA, siis takisti suuruse leidmiseks tuleb arvutada: $\text{takistus}(R) = \text{pinge}(U) / \text{voolutugevus}(I) = 1,4\text{ V} / 10\text{ mA} = 1,4\text{ V} / 0,01\text{ A} = 140\Omega$. Sellist nimiväärtust standardtakistuste seast ei leia, lähim ülespoole väärtus on 150Ω. Takisti võimsuse saab arvutada valemiga $\text{võimsus}(P) = \text{pinge}(U) \times \text{voolutugevus}(I)$. Kasutatud näite puhul: $\text{võimsus} = 1,4\text{ V} \times 10\text{ mA} = 1,4\text{ V} \times 0,01\text{ A} = 0,014\text{ W}$. See on väike suurus - tavaline (enimlevinud) 0,25W takisti sobib ka edukalt. Seega on punase tule jaoks vaja takistit võimsusega 0,25W ja takistusega 150Ω. Valged ja sinised LEDid vajavad 3,3V pinge juures takistit takistusega 56Ω.

2.8 Servo-mootorite ühendamine Raspberry Pi külge

Järgnevalt peaks ühendama servo-mootorid *Raspberry Pi* külge. Ühtlasi võiks ka kõik ülejäänud NUTIROBOTi tegevuseks vajalikud seadmed *Raspberry Pi* külge ühendada. Ühendamise skeem on toodud joonisel 6.

1. Ühendage *Raspberry Pi* vooluallikast küljest lahti.

2. Ühendage LED 18. ja 20. viigu külge nagu joonisel näidatud.

Nüüd on oluline LED just nende viikude külge ühendada, sest NUTIROBOTit juhtiv programm on vastavalt kirjutatud. Kontrollige, et LEDid on õigetpidi ühendatud!

3. Ühendage üks servo-mootor viikude 9, 11 ja 2 külge.

Servo-mootoril on kolm juhet:

- Punane, keskmine – toide. Ühendada viik nr. 2 külge.
- Pruun või must – maandus. Ühendada viik nr. 9 külge.
- Oranž või valge – PWM signaal. Selle juhtme kaudu tuleb mootoris info, mida mootor tegema peab. Ühendada viik nr. 11 külge.

NB! Iga juhe tuleb just talle ettenähtud viigu külge ühendada, sest vastavalt sellele skeemile on kirjutatud roboti tööd juhtiv programm. Juhtmete valesti ühendamise korral heal juhul ei hakka robot tööle, halvemal juhul kahjustate seadmeid.

4. Ühendage teine servo-mootor viikude 4, 12 ja 14 külge.

- Punane, keskmine – toide. Ühendada viik nr. 4 külge. NB! Siia tuleb ühendada ka kondensaator
- Pruun – maandus. Ühendada viik nr. 14 külge.
- Oranž - PWM signaal. Ühendada viik nr. 12 külge.

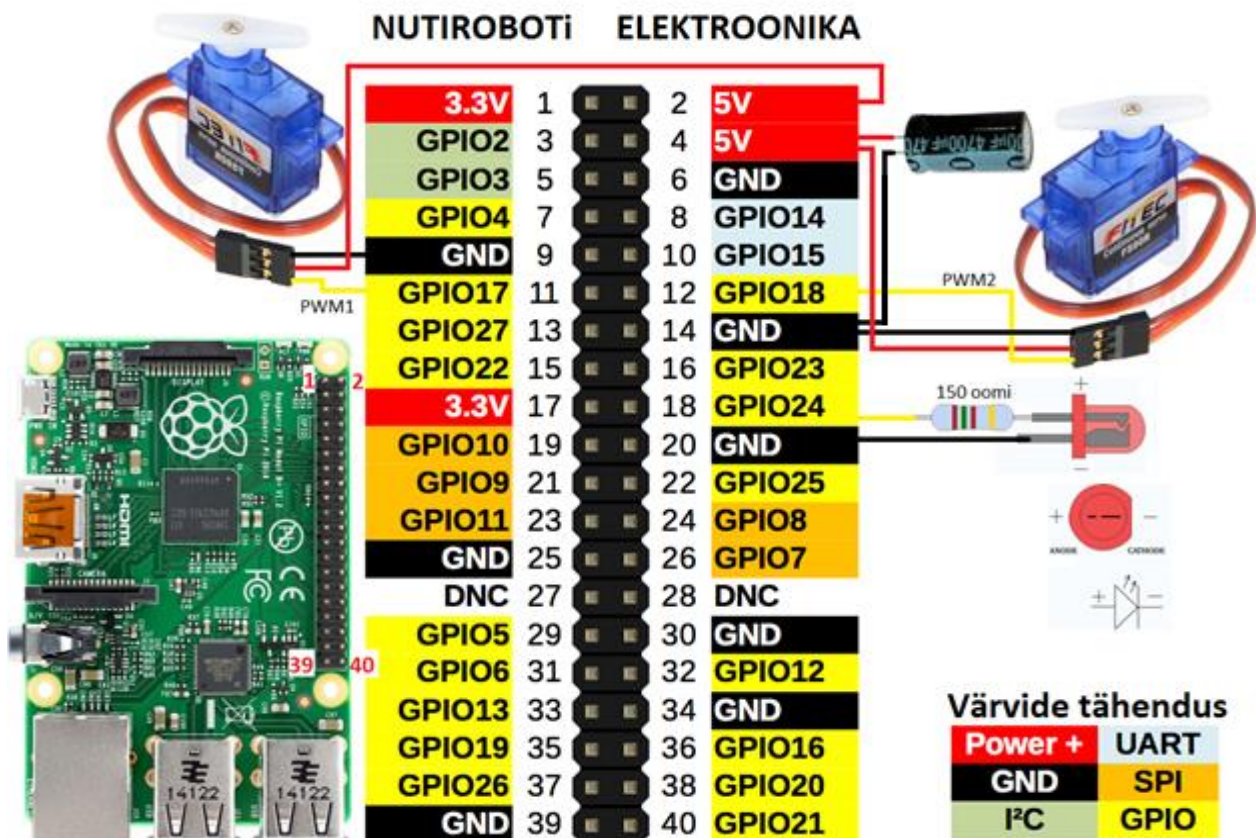
5. Ühendage kondensaator viikude 4 ja 14 külge.

On soovitatav ühendada viikude 4 (+5V) ja 14 (GND) vahele elektrolüüt-kondensaator mahtuvusega 2200µF ja nominaalpingega vähemalt 10V või suurem. Kondensaator aitab hiljem vältida olukorda, kus robot pinge ajutise languse tõttu lakkab töötamast või taaskäivitub mootorite sisse lülitamise hetkel. **NB!** Tähelepanu, et kondensaator saaks õiget pidi ühendatud: „-“ viik nr 14 külge ja „+“ vastavalt viik nr 4 külge. Kondensaatori peal on „-“ ja „+“ viigud tähistatud. Selleks, et kaks seadet ühe viigu külge ühendada on NUTIROBOTi töötoas ja praktikumides kasutusel vastav kaabel. Kodus roboti ehitajad peavad ise jootma kaablid kokku või leidma muu mooduse kondensaatori ühendamiseks.

6. Veenduge veel kord, et ühendasite seadmed korrektselt.

Praktikumides ja töötubades osaledes näidake enne roboti vooluvõrku ühendamist seda kindlasti juhendajale, et veenduda tehtud ühenduste korrektsuses. Valesti ühendatud seadet vooluvõrku ühendades on oht, et kahjustate *Raspberry Pi*-d.

7. Lülitage *Raspberry Pi* sisse, ühendades seade vooluallikaga.



Joonis 6. NUTIROBOTi ühendamise skeem

Täiendav info:

Skeemil tasub tähele panna, et NUTIROBOTi koodis olevatele numbritele (näiteks 11 ja 12 servo mootorite pinid) vastab ühenduspistiku vastava kontakti number, mitte GPIO number. Samuti võib täiendavalt ühendada teise LEDi vaba GPIO kontakti ja maa (GND) vahele (näiteks viigud 37 ja 39).

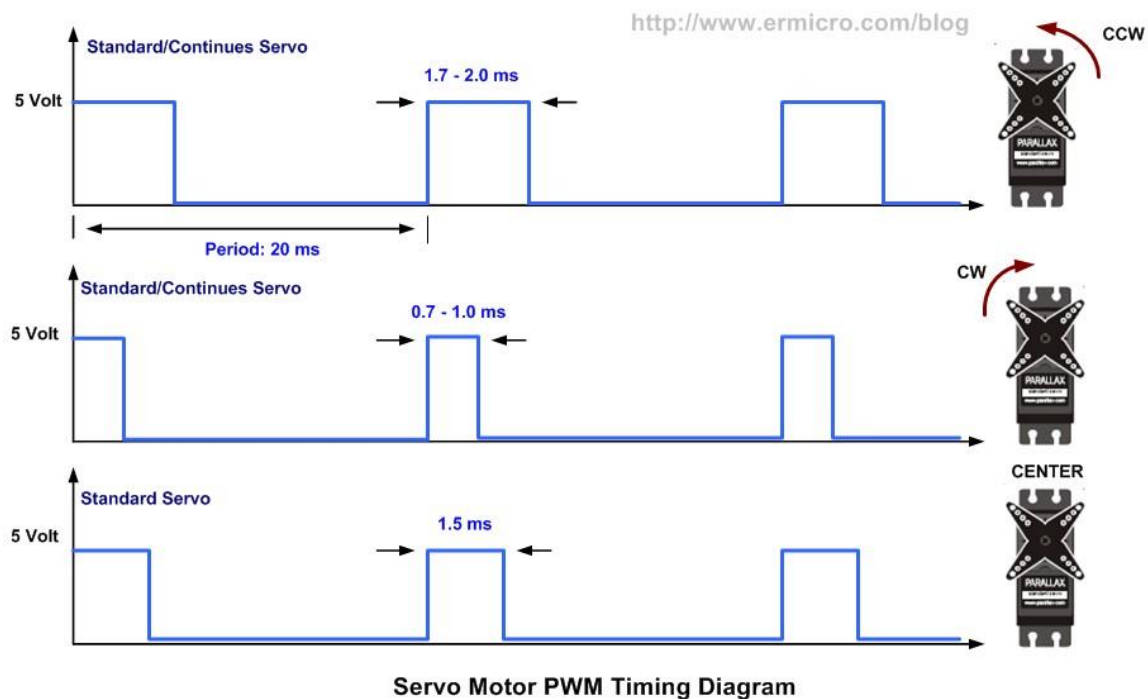
Pisut infot ka servo-mootorite kohta.

Servosid on kahte tüüpi:

1. Standard servo – pöörleb kuni 180 kraadi. Sobilik kasutamiseks näiteks robotkäe juures või mudellennukitel tüüride juhtimiseks.
2. Continuous rotation servo – pöörleb 360 kraadi. Sobib edukalt ringi liikuvate robotite põhimootoriteks.

NUTIROBOTi jaoks on vaja kahte 360 kraadi pöörlevat mootorit - continuous rotation servo. Standard servo't on võimalik muuta nii, et see pöörleks 360 kraadi. Selleks tuleb servo lahti võtta, eemaldada piiraja ja liimida juhtpotentsiomeeter keskmisesse asendisse. Seejärel suurima hammasratta sisemine avaus üle puurida, et eemaldada nurka hoidev kiil ja siis servo uuesti kokku panna. Ilma eelneva peenmehaanika kogemusest pole seda tegevust soovitatav teha. Seega võimaluse korral tasuks osta continuous rotation servo, eriti kuna hinnavahe on ainult paar eurot.

Servo juhtsignaaliks on pulsilaiusmodulatsioon (PWM), kus kõrge signaali pikkus on vahemikus 0,7-2 ms (millisekundit) ja madala signaali pikkus on 19,3 – 18 ms. Kogu signaali pikkus on 20ms ehk signaali sagedus on 50Hz. Sellise mustri signaali korratakse lõputult. Kõrge signaali kestusest sõltub, kas mootor pöörleb päripäeva (clockwise) või vastupäeva (counterclockwise). Keskel - 1,5 ms kestva signaali juures on servo tasakaalupunkt, mil servo seisab paigal (vt joonis 7).



Joonis 7. Servo juhtsignaali näide

Servo tasakaalupunkt ei pruugi alati olla täpselt 1,5 ms juures (eriti modifitseeritud servodel). Juhendis mainitud FITEC FS90R microservedel on tasakaalupunkti seadistamiseks väike avaus, kust saate väikese krivikeerajaga nullpunkti asukohta korrigeerida. Standard servodel antud võimalus puudub ja nullpunkti tuleb korrigeerida tarkvaraliselt.

2.9 Servo mootori juhtimine

Järgnevalt peaks proovima servo-mootorit tööle saada. Eelnevalt sai vilgutatud valgusdiodi. Servo-mootori juhtimine käib sarnaselt, aga kõrge-madal muutusi tuleb teha 50 Hz sagedusega (50 korda sekundis). Programmiga on see võimalik.

```
sudo python3 #Käivitatakse Python versioon 3 käsurenterpretaator administraatori õigustes

import RPi.GPIO as GPIO #Sisend/väljund viikude paketi lisamine
GPIO.setmode(GPIO.BOARD) #Viikude nummerduse valimine numbrilisel kujul
GPIO.setup(11, GPIO.OUT) # Viigu nr 11 väljundiks seadistamine
pwm1=GPIO.PWM(11,50) #viigule nr11 PWM signaali loomine ja sellele sageduse 50Hz määramine
pwm1.start(0) # pwm1 käivitamine signaali täituvusega (DutyCycle) 0%
pwm1.ChangeDutyCycle(7.5) # pwm1 signaali täituvuseks 7.5% määramine ehk signaali pikkuseks
# saab 20ms x 0,075 = 1,5 ms. NB! Pange tähele, et komakoha eraldaks on siinkohal punkt ' . ' mitte
# koma ,, , “.
pwm1.ChangeDutyCycle(7.0) # pwm1 signaali täituvuse muutmine (servode keskpunkt?)
pwm1.ChangeDutyCycle(6.0) #Katsetage erinevaid väärtusi
pwm1.stop() #servo pmw1 signaali seisma panemine
GPIO.cleanup() #kõigi sisend/väljund viikude seadistuse tühistamine
exit() #Väljumine pythonist
```


Täiendavat uurimist:

Mis juhtub kui servo asemel ühendada viigule nr 11 LED plussjuhe ja negatiivne jätta maandusega ühendatuks ning sisestada programmi `pwm1.ChangeDutyCycle(0.5)`?

Luues uue muutuja `pwm2` ja määrates sellele viik nr 12 väljundiks, saate hakata juhtima teist servot. Servosid saab juhtida paralleelselt. Selleks lihtsalt lisage koodi iga `pwm1` järelle `pwm2` vastav käsk.

2.10 NUTIROBOTi programmi käivitamine

1. *Raspberry Pi* arvutis minge lehele nutirobot.ut.ee ja laadige alla failid **NutiRobot.py** ja **index.html** ning kopeerige kausta **/home/pi**. Kui teie *Raspberry Pi* ei ole internetti ühendatud, võite failid kopeerida USB mälupulgaga mõnest teisest arvutist.
2. **Käivitage käsuri** (Shell, musta ekraaniga arvuti pilt ekraani üleval servas).
3. Kui eelnevalt ei osanud te iseseisvalt faile õigesse kohta laadida, siis saate seda teha järgnevate käskudega:

```
cd /home/pi  
wget https://courses.cs.ut.ee/t/kids/uploads/Main/NutiRobot.py  
wget https://courses.cs.ut.ee/t/kids/uploads/Main/index.html
```
4. Trükkige **pwd** ja vajutage <ENTER>. Veenduge, et väljund oleks `/home/pi`. Seega olete oma kodukaustas, kuhu eelnevalt laadisite failid `NutiRobot.py` ja `index.html`.
5. Trükkige „**ls -l**“ (väike L, väike S, tühik, sidekriips, väike L).
6. Veenduge et `NutiRobot.py` ja `index.html` read algavad „**-r-----**“ kirjpildiga, mis tähendab, et antud failid on lubatud lugemiseks ainult teile. Selline vaikeväärtus on internetist alla laetud failidel turvakaalutlustel. Antud hetkel see ei sobi, sest tahame neid faile muuta.
7. Käivitage käsk „**chmod 755 NutiRobot.py**“ ja „**chmod 755 index.html**“. nüüd „**ls -l**“ käsu väljundis peaksid kummagi faili read algama „**-rwxr-xr-x**“, mis tähendab, et teil on võimalik teha nende failidega nüüd kõiki tegevusi. Teised kasutajad saavad neid faile ainult lugeda ja käivitada, muuta ei saa.
8. Sisestage terminali „**sudo python3 NutiRobot.py**“, et käivitada `NutiRobot.py` kood. Kui mingit väljundit ei tulnud, on kõik siiamani hästi.

2.11 NUTIROBOTi juhtimine nutitelefonist

1. Avage oma nutitelefon.
2. Veenduge, et olete ühendatud *Raspberry Pi*-ga samasse WiFi võrku.
3. Avage oma nutitelefoni veebilehitseja, soovitatavalt Firefox või Google Chrome.
4. Sisestage aadressiribale oma roboti IP-aadress ja lõppu :8080 ehk nutiroboti juhttarkvara port (ntks `http://172.19.31.92:8080`).

Eelnevalt kirjutasite oma *Raspberry Pi* WiFi võrgu aadressi ülesse, seda ongi nüüd siia vaja sisestada. Kui te siiski veel ei tea IP-aadressi, siis saate seda vaadata, avades uuesti *Raspberry Pi*-s terminali ja trükkides seal käsu `ifconfig`. Viimane lõik väljundis peaks algama `wlan0` või `wlan1` kirjega, sealt teise rea alguses on kirjas `int addr: 172.19.31.92`, millest viimane osa ongi vajalik IP-aadress. Alternatiivne võimalus on WiFi ühenduse ikooni peal hoida hiirt mõne sekundi, nii et võrguaadress tuleb nähtavale.

5. Kui kõik läks hästi, peaksite nägema NUTIROBOTi tervitusteksti ja nutiseadme x ja y suunas kiirendusanduri väärtusi.
6. Kallutades oma nutiseadet, saate robotit juhtida. Kui telefon on lapiti, seisab robot kohal. Kallutades telefoni ette-taha, sõidab robot otse. Kallutades telefoni vasakule - paremale robot keerab.

Täiendav info:

NUTIROBOTi kood koosneb kahest eraldi failist. NutiRobot.py on peafail, mis on kirjutatud python versioon 3 keeles ja sisaldab eelnevalt tuttavat mootorite juhtimise koodi ja täiendavalt veebiserverit ning selle seadistust. Koodis on olemas kahe LEDi vilgutamise funktsionaalsus. Üks valgusdiod pöleb edasi sõites ja teine tagasi sõites. See ülesehitus on sarnane autole, kus esituled on valged ja tagumine tuli punane. Index.html on kirjutatud HTML5 keeles ja loeb nutitelefoni kiirendusanduri väärtusi koos gravitatsiooniga. Füüsikaseaduste kohaselt tõmbab planeet Maa kõiki kehasid enda poole 9.8 m/s kiirendusega. Sama jõud kehtib ka nutitelefonile ja selle sees olevale kiirendusandurile. Kui nutiseade on lapiti laua peal, on gravitatsioonivektor (see on suund, kuhu poole keha hakkaks kukkuma, kui see lahti lasta) nutiseadmega risti ehk täpselt läbi nutiseadme esi või tagakülje. Kui nutiseadet kallutada, siis gravitatsioonivektor muudab suunda ja see väljendub x ja y väärtustes, mida kuvatakse nutiseadme ekraanil. Kui te katsetate, milline on suurim x ja y väärtus, siis rahulikult telefoni kallutades, ei tohiks kumbki muutuja ületada väärtust 10. NutiRobot.py võtab vastavad x ja y väärtused ning matemaatika abiga muudab need sobilikuks juhtsignaaliks robotile.

2.12 Roboti mehhaanilised osad

Nüüd on teil olemas Raspberry Pi koos juhttarkvaraga ja elektroonika ning robot paistab töötavat. On aeg valmis meisterdada roboti kere ja robot kokku panna, nii et robot saaks põrandal sõitma hakata.

Kere

NUTIROBOTi kereks sobib ükskõik milline karp mõõtmetega 9x14x3 cm. Sobilik on näiteks toidukarp, sest see on odav (~1€), kergesti vaibanoaga (või mõne muu terava asjaga näiteks käärid) töödeldav ja seda on peaaegu igast poest saada. Läbipaistva karbi eeliseks on ka see, et siis on hea näha, mis toimub karbi sees, ilma karpi lahti võtmata. Samas võib endale ise tööõpetuse tunnis karbi meisterdada või kasutada mõnda muud meelepärast karpi. Karp peab olema piisavalt suur, et sinna mahuks Raspberry Pi, mootorid, akupank ja mõned juhtmed. Nüüdseks on teil juba ettekujutus olemas, kui palju need umbes ruumi võtavad.

Mootori jaoks augud karbi sisse

Karbile on soovitatav mootori augud teha nii, et karp jääks maast umbes 1cm kõrgusele. Aukude tegemine on mugav, kui 10mm puuriga kaks auku ette puurida ja siis terava noaga augu servad kandiliseks lõigata nii, et mootor täpselt sisse mahub. Soovitatav on mootorid kinni liimida näiteks kuumaliimiga, kuid võib kasutada ka mõnda muud meetodit (näiteks kruvid või teip).

Rattad

Robootikapoodides müügil olevad rattad on väga kallid ja liiga rasked sellise lihtsa roboti jaoks nagu NUTIROBOT. Seega tasub rattad ise teha. Selleks otsige üles oma vanad CD/DVD plaadid (kokku 4tk) ja

liimige 2tk omavahel kokku. Superliim sobib selleks ideaalselt, kuid sobivad ka muud liimid. CD plaadid peaks kokku liimima nii, et nende lapikud küljed jäävad kohakuti ja tekib üks kahe CD paksune ratas. Igaühe enda otsustada on, mis pidi rattaid kokku liimida. Kui läikiv (plaadi alumine pool) jääb väljapoole, siis tekitab roboti ratastel lahe peeglitaoline väljanägemine.

Rataste kinnitamine mootori külge

Mootoritega tulid kaasa valged kinnitushoovad rataste kinnitamiseks. Proovige need paigutada võimalikult CD plaadi keskele ja märgistage CD markeriga kohad, kuhu peaks kaks auku puurima, et servo mootori kinnitushoovad saaks kruvidega CD rataste külge kruvida. Aukude puurimiseks on vaja 2,2 mm jämedust puuri ning ja kinnitada see akutrelli külge. Pange puurimise ajaks midagi CD plaadi alla, näiteks väike lauajupp, et kaitsta tööpinda. Enamasti tuleb servo mootoriga kaasa 3 kruvi, üks veidi lühem (~5mm) ja kaks terava otsaga pikemat (~8mm). Pikemaid kruve saab kasutada rataste kruvimiseks servo kinnitushoova külge. Soovitav on keeramist alustada CD poolt, siis jäävad kruvid servo kinnitushoova pehme plastmassi sisse hästi kinni. CD plaadi sees olev auk võiks olla piisava läbimõõduga, et kruvi sealt vabalt läbi läheks aga kruvi pea mitte.

Mootorite ja rataste kinnitamine roboti kere külge

Kui mootorid pole veel kinnitatud, siis peaks need nüüd kinnitama roboti kere külge, samuti rattad.

2.13 Roboti kokku panemine

1. Veenduge, et SD kaart ning WiFi adapter oleksid endiselt ühendatud *Raspberry Pi*-ga.
2. Veenduge, et:
 1. *Raspberry Pi* on WiFi võrguga ühendatud,
 2. teate roboti IP-aadressit,
 3. NutiRobot.py tarkvara on käivitatud (`sudo python3 NutiRobot.py`).
3. Ühendage *Raspberry Pi* vooluvõrgust lahti.
4. Eemaldage *Raspberry Pi* küljest klaviatuur, hiir ja monitori kaabel.
5. Asetage akupank karbi alumisse äärde ja sealt ühendage juhe *Raspberry Pi* toitepesasse (vt joonis 1).
6. Paigaldage kõik asjad karpi ja kinnitage karbi kaas.

NB! Plastmass ja kumm ei juhi elektrit, küll aga metallid. Seega olge ettevaatlikud *Raspberry Pi* karpi asetamisel, et isoleerimata ühendused ja viigud ei puutuks omavahel kokku.

2.14 Roboti tööle panemine nutitelefonil abil

1. Sisestage nutitelefonil veebilehitsejasse roboti IP-aadress näiteks **192.168.11.101:8080**
2. Liigutage telefoni ja NUTIROBOT peaks liikuma.

Õnnitleme, olete valmis saanud nutitelefoni kaugjuhitava robotiga *Raspberry Pi* näitel.

Nüüd minge näidake oma robotit sõpradele/tuttavatele ja saatke pilt ka nutirobot@gmail.com.

2.15 Roboti töö lõpetamine

Roboti töö lõpetamiseks sulgege lülitage *Raspberry Pi* välja. Teisisõnu ühendage *Raspberry Pi* akupanga küljest lahti.

3. Roboti koodi käivitamine arvutist

Pidevalt monitori, hiire ja klaviatuuri ühendamine roboti käivitamiseks on suhteliselt tüütu ja ebamugav. Parema lahendusena võiks robotisse ühenduda mõnest teisest arvutist või koostada skript, mis käivitab roboti koodi automaatselt.

Turvalise (SSH) ühenduse loomiseks:

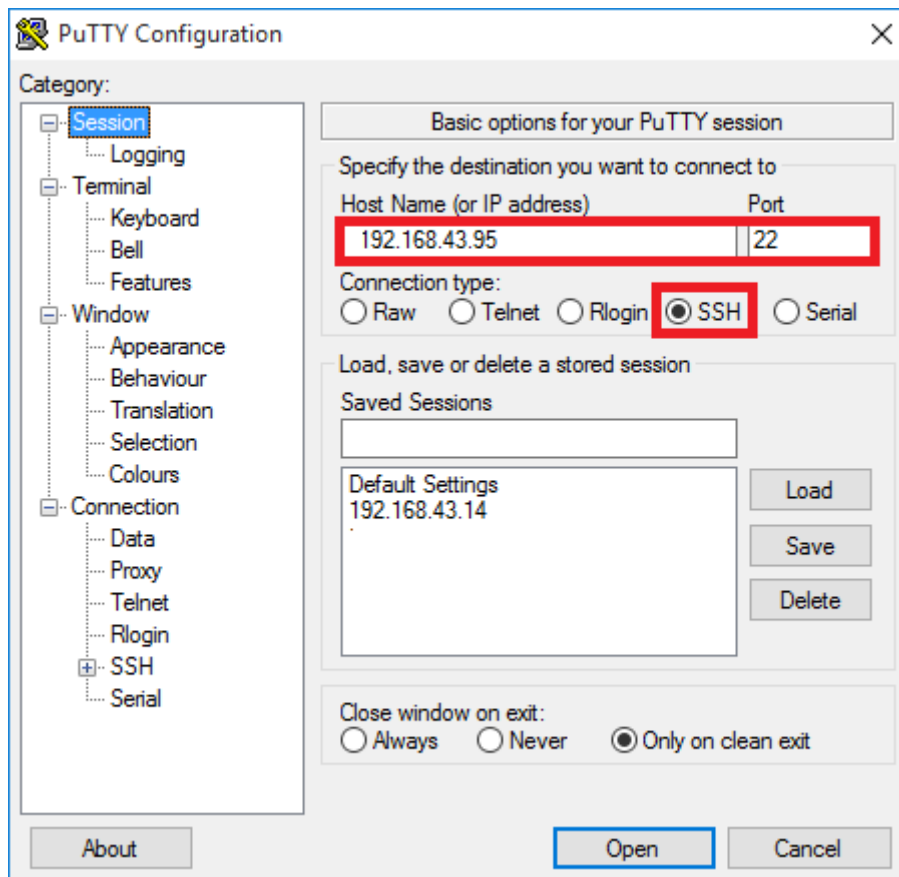
1. On vaja sobivat programmi näiteks [Putty](#) või mõnda muud. Putty on vabavara, seda saab alla laadida lehelt <http://the.earth.li/~sgtatham/putty/latest/x86/putty.exe>.
2. Käivitage „Putty.exe“.
3. Avanevasse aknasse sisestage oma roboti viimane teada olev IP aadress, pordiks valige 22, ühenduse tüübiks valige SSH. Roboti IP aadress ei muutu väga tihti (sõltub WiFi seadetest, aga enamasti iga 24h, 72 h või isegi pikema aja tagant). Vt ka joonis 8.

NB! Enne SSH ühenduse loomist veenduge, et NUTIROBOT on sisse lülitatud ja WiFi (sinine) tuli vilgub. Lisaks veenduge, et arvuti oleks robotiga samasse WiFi võrku ühendatud.

4. Vajutage nupule „Open“. Nüüd peaks avanema uus must aken, mis küsib *Raspberry Pi* kasutajat (enamasti „pi“) ja parooli, mille te enne ära muutsite.
5. Nüüd olete roboti käsurreal nagu varemgi. Roboti koodi käivitamiseks sisestage endiselt „sudo python3 NutiRobot.py“.
6. Jätke arvuti tööle ja minge nutitelefoni *Raspberry Pi* veebilehele. Roboti juhtimine peaks töötama nagu varem.

Täiendav info:

SSH (Secure Socket Shell) on turvakest, UNIX'i-põhine käsuliides ja protokoll. SSH andmeside on krüpteeritud ja võimaldab turvalist sisselogimist kaugarvutisse ning andmevahetust arvutite vahel. Paljud võrguülemad kasutavad seda veebi- jt serverite kaugjuhtimiseks. SSH kujutab endast komplekti kolmest utiliidist: *slogin*, *ssh* ja *scp*.



Joonis 8. Putty ühendamine ja IP sisestamine

4. Automaatselt roboti juhttarkvara käivitamine

Kui soovite robotit demonstreerida ilma kõrvaliste seadmeteta, oleks hea, kui roboti kood käivituks automaatselt niipea kui robot käivitub (*Raspberry Pi* toiteallikaga ühendatakse). Selleks on vaja teha roboti seadetes järgmised muudatused. (Võite neid muudatusi teha jätkuvalt SSH ühendust kasutades.)

1. Sisestage *Raspberry Pi* käsureale käsk „**sudo nano /etc/profile**“
2. Avanenud aknas lisage kõige lõppu uus rida:

sudo python3 /home/pi/NutiRobot.py &

3. Nano tarkvarast väljumiseks vajutage **<CTRL> + X** klahvi ja **Y – Yes**, kui küsitakse muudatuste salvestamise kohta. Failinimi jätke muutmata ja seal vajutage lihtsalt **<ENTER>**.
4. Käivitage *Raspberry Pi* käsuga „**sudo reboot**“.
5. Sinine vilkuv tuluke WiFi vastuvõtja sees annab märku sellest, kui *Raspberry Pi* on niikaugel, et on valmis ühendusi vastu võtma.
6. Nutitelefoniga proovige ühenduda *Raspberry Pi* külge. NUTIROBOT võiks tööle hakata.

Järgnevalt proovige vastata mõnele kontrollküsimustele.

5. Kontrollküsimused

1. Milliste väljundviikude külge on näitekoodis NutiRobot.py ühendatud LEDid?
2. Miks robot liikuda saab?
3. Roboti juhttarkvaras NutiRobot.py meetodis „liigutame_robotit“, on x ja y läbi jagatud numbriga 8. Mis on x ja y ning miks neid jagatakse just 8-ga?
4. Roboti juhttarkvaras NutiRobot.py meetodis „liigutame_robotit“, on teise mootori juhtalgoritmis x muutuja „-“ märgiga sisestatud ja y alati positiivne. Proovi mis juhtub kui y muuta „-“ märgiliseks? Pwm1 ja pwm2 valemis x „+“ märgiga?
5. Mis juhtub kui nutitelefonil asemel avada NUTIROBOTi veebileht arvutis? Tahvelarvutis?
6. *Raspberry Pi 2* koos WiFi seadmega tarbib 250mA energiat ja iga mootor tarbib keskmiselt 250mA, iga valgusdiod 10mA. Kui kaua saab robotiga sõita enne kui aku tühjaks saab?
7. Kas WiFi seadme ühendamise teise USB porti muudab *Raspberry Pi* IP aadressi? Miks?
8. Arutage kuidas võiks roboti tarkvara, elektroonikat ja mehaanikat edasi arendada.
9. Arutage, millist muud projekti (lahendust) saaks roboti ehitamisel õpitud teadmistega realiseerida.

6. Nutiroboti juhtimiseks vajalik tarkvara

NutiRobot.py koos kommentaaridega <https://courses.cs.ut.ee/t/kids/uploads/Main/NutiRobot.py>

```
import RPi.GPIO as GPIO #Sisend/väljund viikude paketi lisamine
from http.server import * #HTTP seadete paketi lisamine
import re #Lihtsustatud tekstitötluse funktsionaalsuse lisamine

GPIO.setwarnings(False) #Hoiatuste väljalülitamine
GPIO.setmode(GPIO.BOARD) #Viikude nummerduse valimine järjekorra alusel
GPIO.setup(11, GPIO.OUT) #Viikude 11 ja 12 väljundiks seadmine
GPIO.setup(12, GPIO.OUT)

pwm1 = GPIO.PWM(11, 50) #Viik nr 11 pulsilaiusmodulatsiooni seadistamine 50Hz (20ms pulsi pikkus)
pwm2 = GPIO.PWM(12, 50) #Viik nr 12 pulsilaiusmodulatsiooni seadistamine 50Hz (20ms pulsi pikkus)

def liigutame_robotit(pwm1, x, pwm2, y): #Mootorite liikumise määramise funktsioon
    pwm1.ChangeDutyCycle(7.0+x/8+y/8) #Parempoolne mootor kiiruse seadistamine vastavalt
    nutiseadme x ja y väärtustele
    pwm2.ChangeDutyCycle(7.0-x/8+y/8) #Vasakpoolne mootor kiiruse seadistamine vastavalt nutiseadme
    x ja y väärtustele

#Selles klassis käsitletakse HTTP päringuid, mis saabuvad serverisse
class MyHTTPHandler(BaseHTTPRequestHandler):
    def do_GET(self):
        self.send_response(200) #Lisatakse vastuse päis
        self.send_header("Content-type", "text/html") #Päis puhvrissse
        self.end_headers() #Kirjutatakse puhvriss olev info väljundisse
        #Väljundite kirjutamise vormindamine
        if self.path.startswith("/update_servo"):
            #Muutujate määramine
            m = re.search("/update_servo\\?x=([^&]*)&y=(.*)", self.path)
            x = float(m.group(1))
            y = float(m.group(2))
            liigutame_robotit(pwm1, x, pwm2, y) #Mootorite juhtimise kivitamine vastavalt nutitelefonil x ja y
            asendile

        else: #index faili kirjutamine/lugemine
            f = open("index.html", "rb")
            self.wfile.write(f.read())
            f.close()

#Looome serveri, mis kuulab kindlat porti, antud juhul :8080
def run(server_class=HTTPServer, handler_class=MyHTTPHandler):
    server_address = ("", 8080)
    httpd = server_class(server_address, handler_class)
    httpd.serve_forever()

pwm1.start(0) #Mootori pulsilaiusmodulatsiooni lubamine ja käivitamine
pwm2.start(0) #Mootori pulsilaiusmodulatsiooni lubamine ja käivitamine
run() #Käivita eelnev kood
```

index.html faili sisu ja näitekood <https://courses.cs.ut.ee/t/kids/uploads/Main/index.html>

```
<html>
<head>
<script>
//Kontrollitakse kas juhtseade omab liikumisandurit
if (window.DeviceMotionEvent == undefined) {
    alert("No gyro");
}
//Kui seadmelt saab andmeid lugeda, siis hakatakse sellest andmeid lugema
else {
    window.addEventListener("devicemotion", accelerometerUpdates, true);
}
//Loomu muutuja ja funktsiooni näitude lugemiseks
var lastUpdate = 0;
function accelerometerUpdates(e) {
    //Sekunditeks teisendamine
    var seconds = new Date().getTime() / 1000;
    //Loomu muutujad, millele hakkame vastava koordinaadi väärtusi määrama
    var aX = e.accelerationIncludingGravity.x;
    var aY = e.accelerationIncludingGravity.y;
    //Näitude küsimine ja muutujate määramine
    document.getElementById("x").innerHTML = aX;
    document.getElementById("y").innerHTML = aY;
    //1 korra sekundis näidu uuendamine
    var RATE = 1;
    if (lastUpdate + 1.0 / RATE >= seconds)
        return;
    // Näitude edastamine
    var xhr = new XMLHttpRequest();
    xhr.open("GET", "/update_servo?x=" + aX + "&y=" + aY, true);
    xhr.send();
    lastUpdate = seconds;
}
</script>
</head>

<body>
<!-- Kuvatakse veebilehel roboti nimi ning x ja y koordinaadid, järgnevalt võib html keeles lehte ümber
kujundada vastavalt oma soovile -->
<h2>TERE TULEMAST NUTIROBOTI VEEBILEHELE</h2><br>
JUHTSEADME x telg <b id="x"></b><br>
JUHTSEADME y telg <b id="y"></b><br>
</body>
```

Juhendi autor annab kõigile Eesti koolidele loa antud juhendit kasutada ja modifitseerida hariduslikel eesmärkidel nõudega viidata algsele allikale ja autorile (nutirobot.ut.ee ja Alo Peets). Täpsemalt on tegu Creative Commons'i litsentsi Autorile viitamine - Jagamine samadel tingimustel 3.0 Eesti (CC BY-NC 3.0 EE). Juhendi autoriks on Alo Peets (alo.peets@ut.ee). Juhendi ja juhendil põhineva koolituse varalised õigused kuuluvad **Robotimeister OÜ-le** ning juhendi autor tänab toetuse eest projektile järgmisi asutusi:

- TÜ arvutiteaduse instituut www.cs.ut.ee – Tarkvara ja infotehnoloogiline teostus
- TÜ Protokeskus protokeskus.ut.ee – Võimaldas prototüübi ehitamist
- TÜ Ideelabor ut.ee/ideelabor – Heade ideede alguskoht
- Hariduse Infotehnoloogia Sihtasutus – Toetas juhendi valmimist ja pilootkoolituse läbiviimist
- Euroopa Liit Euroopa Sotsiaalfond – Toetas juhendi valmimist ja pilootkoolituse läbiviimist