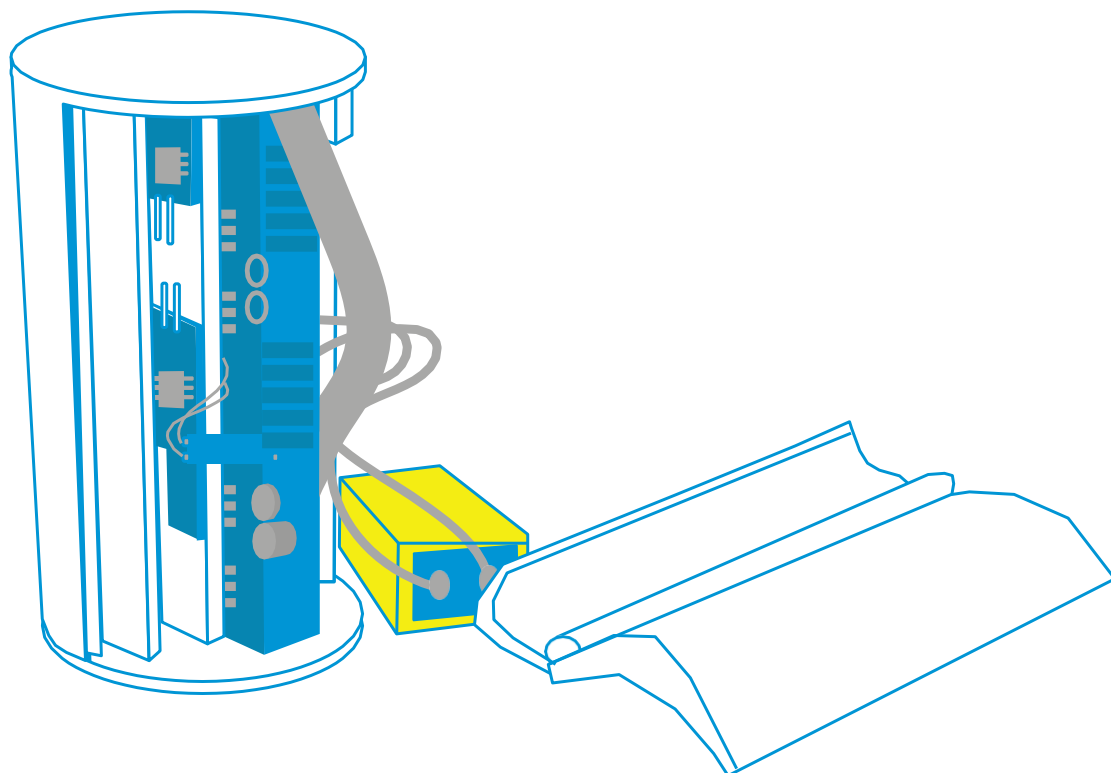
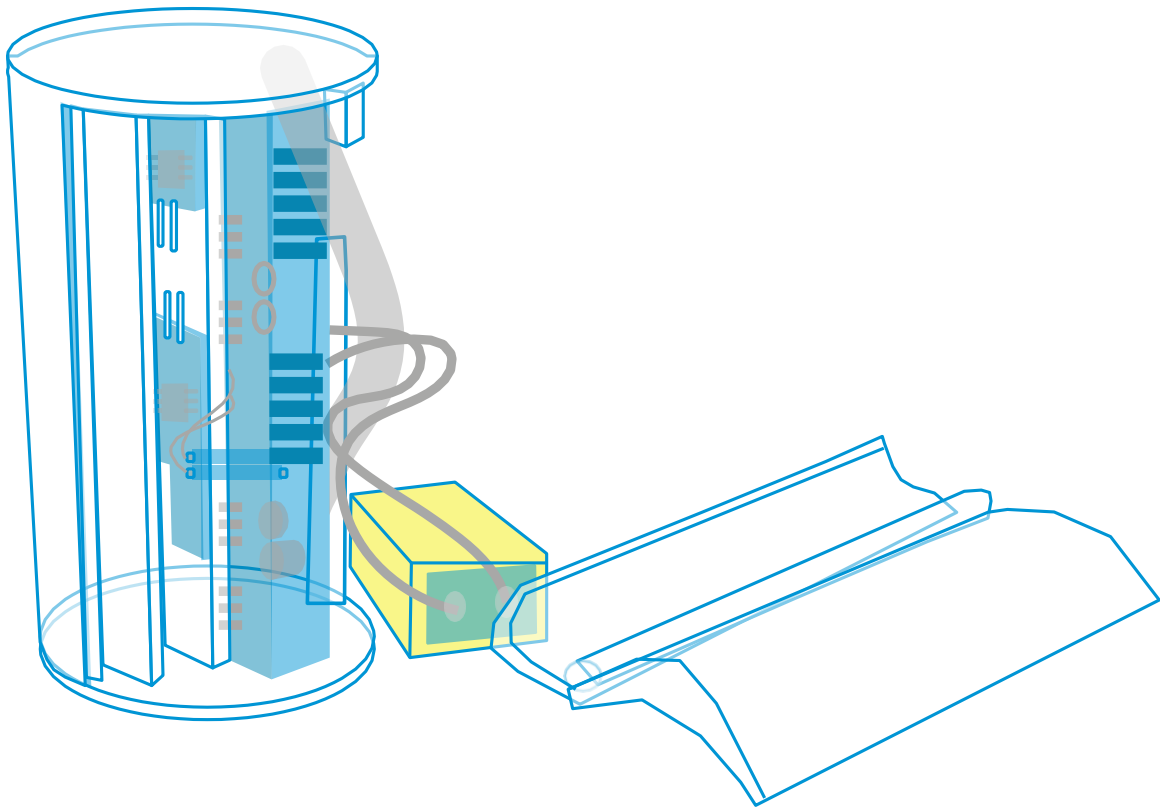


# Kosmos on õpetlik

## → CANSATI EHITAMISEGA ALUSTAMINE

Põhimissiooni juhend





Huvitavad faktid  
Tegevuste kokkuvõte  
Sissejuhatus

lehekülg 3

lehekülg 4

lehekülg 5

Tegevus 1: Põhikomponendid  
Tegevus 2: Põhielektronika  
Tegevus 3: Oma CanSatiga suhtlemine  
Tegevus 4: Terviku moodustamine

lehekülg 6

lehekülg 6

lehekülg 7

lehekülg 7

Õpilase töölehed

lehekülg 8

Lingid

lehekülg 26

õpetame kosmose abil - cansati ehitamisega alustamine | T08  
[www.esa.int/education](http://www.esa.int/education)

ESA Education Office võtab meeleldi vastu tagasisidet ja kommentaare  
[cansat@esa.int](mailto:cansat@esa.int)

ESA Education-i poolt välja töötatud  
koos ESERO Iirimaa ja ESERO Belgiaga

Autoriõigus 2017 © Euroopa Kosmoseagentuur

# → CANSATI EHITAMISEGA ALUSTAMINE

## Põhissiooni juhend

### Huvitavad faktid

**Vanusegrupp:** 14 - 20 aastased

**Seotud õppeained:** elektroonika, programmeerimine, matemaatika

**Keerukus:** Keskmine

Tunni kestvus: 90 minutit **Metoodika:**

Projektipõhine õpe **Tugimaterjalid:** Tutvuge

Arduinoga! Raadioside, Langevarju disainimine

**Märksõnad:** Andurid, Takistid, Raadio, Side, Protokollid, Jootmine, CanSat

### Ülevaade

See moodul kirjeldab CanSati põhissiooni peamiseid tunnuseid. Põhissioonil peavad meeskonnad mõõtma temperatuuri ja rõhku ning edastama andmed oma maajaama. Õpilased saavad teada, kuidas erinevad andurid, mida nad saavad kasutada teineteisest erinevad ja millised väljakutsed neid põhissiooni läbiviimisel ees ootavad. Moodul on välja töötatud kooskõlas erinevate juhenditega, et toetada kogu CanSati missiooni.

### Õpilased õpivad

- Põhiteadmised, mis on vajalikud selleks, et ehitada ja viia läbi CanSati põhissioon
- Kuidas andurid töötavad: termistor ja atmosfäärirõhu andur
- Põhielektronika: Ohmi seadus
- Kuidas koguda andmeid takistuslikult andurilt - kasutades pingejagurit
- Jootmine

## → Tegevuste kokkuvõte

Tegevuste kokkuvõte					
	Pealkiri	Kirjeldus	Tulemus	Nõuded	Aeg
1	Põhi-komponendid	Õpilastele tutvustatakse kõiki olulisi CanSati komponente.	Õpilased saavad valida, millised andurid sobivad kõige paremini CanSatis kasutamiseks ja selgitavad miks.	Puuduvad	30 minutit
2	Põhi-elektronika	Õpilased saavad teadmisi Ohmi seadusest ja takistitest ning pingejaguritest.	Õpilased saavad teada, kuidas takistuslikud andurid töötavad ja mis on nende eesmärk CanSatis.	Varasemad tegevused	15 minutit
3	Oma CanSatiga suhtlemine	See tegevus sisaldab teavet selle kohta, kuidas CanSat suhtleb maapealse jaamaga ning annab ülevaate elektroonikas kasutatavatest suhtlusprotokollidest.	Õpilased õpivad juhtmevaba side põhitõdesid ja kuidas vooluringi komponendid üksteisega suhtlevad.	Varasemad tegevused	20 minutit
4	Terviku moodustamine	See tegevus võtab kokku CanSati kokkupaneku: komponentide paigaldamine, jootmine, võimsus, korpus.	Õpilased mõistavad hea jootmistehnika olulisust ja suudavad valida sellised komponendid, mis sobivad põhimissioonis kasutamiseks.	Varasemad tegevused	25 minutit

## Sissejuhatus

CanSati võistlusel on kaks peamist väljakutset: põhimissioon ja teisejärguline missioon. Põhimissioonis peavad CanSati meeskonnad mõõtma CanSatiga õhutemperatuuri ja rõhku ning saatma andmed maajaamale. Teisejärguline missioon on avatud väljakutse, kus meeskondadel tuleb CanSati abil läbi viia oma katsed. Põhimissiooni edukaks lõpuleviimiseks peavad meeskonnad mõistma kasutatud põhilisi elektroonikakomponente ning kuidas nad saavad andureid temperatuuri ja rõhu mõõtmiseks kasutada. Käesoleva juhendi peamine eesmärk on anda edasi baasteadmisi.

Jälgides käesolevat juhendit ja tuvastades põhimissiooni täitmiseks vajalikud elemendid, on teie meeskonnal olemas kogu vajalik teave ESA CanSati võistluses osalemiseks!

## CanSati põhimissioon

Meeskond peab ehitama CanSat ja programmeerima selle järgmist kohustuslikku põhimissiooni täitma:

Pärast kanderaketist eraldumist ja laskumise ajal peab CanSat mõõtma järgmisi parameetreid ning edastama maajaamale vähemalt kord sekundis telemeetriana järgmised andmed:

- Õhutemperatuur
- Õhurõhk

Teie lõplik CanSati mudel on tõenäoliselt osa palju keerulisemast vooluahelast, kuhu kuuluvad ka komponendid, mis on seotud teie teisejärgulise missiooniga.

Kõigepealt oleks hea vooluahelad üles seada jootevabal arendusplaadil. Pärast vooluringi ja koodi kontrollimist ja veendumist, et see töötab, saab komponendid andurite plaadile joota (Arduino Shield).

Käesoleva juhendi lõpust leiate mitmeid linke veebisaitidele, kus müüakse neid erinevaid komponente, mida me siin arutasime.

## Tegevus 1: Põhikomponendid

Järgmises tegevuses saavad õpilased ülevaate peamistest komponentidest, mis on vajalikud CanSati põhimissiooni jaoks. See võimaldab õpilastel hinnata CanSati missiooni keerukust, arvestades iga komponendi jaoks erinevaid võimalusi.

### Ülesanne 1

1. Kas oskate nimetada, milliseid probleeme veel ette võib tulla, kui õhutemperatuuri mõõtmiseks termistori kasutada?

Kui vool voolab läbi takisti, tekib soojus. See tähendab, et mõõdetav temperatuur on takisti isekuumenemise tõttu kõrgem ümbritseva õhu temperatuurist. See võib olla veelgi olulisem, kui temperatuuriandur paigutatakse teiste komponentide, näiteks protsessori lähedusse, kuna need tekitavad ka soojust.

### Ülesanne 2

Õpilastel palutakse täita tabel, mis sisaldab teavet erinevate andurite, sealhulgas BMP280 kohta. Õpilasi tuleks julgustada iseseisvalt teavet otsima, näiteks internetist ja uurides andmelehti. Nad võiksid uurida erinevaid tüüpe (rõhu, temperatuuri) andureid ja sama tüüpi anduri erinevaid mudeleid, näiteks võrrelda kahte temperatuuriandurit.

## Tegevus 2: Põhielektronika

Nüüd, kui õpilased on saanud ülevaate CanSati põhimissiooni peamistest komponentidest, on nad valmis õppima, kuidas need komponendid töötavad. See tegevus annab ülevaate Ohmi seadusest ja õpetab, kuidas takisti takistust arvutada ja pingejagurit kasutada.

### Ülesanne

1. Kui suur on allpool näidatud takisti takistus?

Joonise järgi on takistuse suuruseks  $15 \times 100 \Omega$  või  $1500 \Omega$

### Lisaülesanne

Antud ülesandes peavad õpilased kasutama oma matemaatilisi oskusi, et need kaks allpool esitatud võrrandit ümber korraldada ja ühendada, et võrrandi abil oleks leitav  $V_{\text{välja}}$ .

$$V_{\text{sisse}} = I(R_1 + R_2) \quad \text{ja} \quad V_{\text{välja}} = I(R_2)$$

Esimene samm on teha  $I$  mõlema võrrandi muutujaks:

$$I = \frac{V_{\text{sisse}}}{(R_1 + R_2)} \quad \text{ja} \quad I = \frac{V_{\text{välja}}}{R_2}$$

Nüüd saame asendada  $I$  ühest võrrandist  $I$ -ga teisest võrrandist selliselt:

$$\frac{V_{\text{sisse}}}{(R_1 + R_2)} = \frac{V_{\text{välja}}}{R_2}$$

Lõpuks saame võrrandi ümber korraldada, et  $V_{\text{välja}}$  oleks võrrandi muutuja (korrutades see läbi  $R_2$ -ga). See annab meile:

$$V_{\text{välja}} = \frac{V_{\text{sisse}} R_2}{(R_1 + R_2)}$$

Antud võrrand võimaldab meil leida pingejaguri väljundpinge eeldusel, et me teame sisendpinget ja kahe takisti väärtust. See on aluspõhimõte, millel paljud andurid põhinevad.

## Tegevus 3: Oma CanSatiga suhtlemine

Käesolev tegevus ühendab eelmised tegevused, vaadates, kuidas me oma CanSatidega suhtleme. Õpilased peaksid olema valmis ette valmistada põhimissiooni läbiviimiseks vajalikku elektroonikat, kuid üks oluline samm on puudu! CanSati poolt kogutavad andmed tuleb saata maajaamale. Et oleks võimalik seda teha, peame mõistma, kuidas elektroonika suhtlus toimub ja uurima komponente, mida saame selleks suhtluseks kasutada.

## Tegevus 4: Terviku moodustamine

Tegevuses 4 õpivad õpilased, kuidas ühendada CanSati põhimissiooni komponente, kasutades arendusplaate ja jootmist. Tutvustatakse jootmistehnikat. Õpilased saavad teadlikuks ettevaatusabinõudest, mida jootmisel tuleks järgida. Kirjeldatakse ka CanSati toidet ja arutatakse lühidalt, mida CanSati toitmisel arvesse tuleks võtta.

### Ülesanne 1

#### 1. Miks on päikesepaneelid eelistatud valik satelliitides, ja miks need teie CanSatis vähem kasulikud võivad olla?

Satelliidid jäävad orbiidile pikaks ajaks ja vajavad seetõttu energiaallikat, mis ei saa otsa. Päike on selle jaoks suurepärase allikas. Aga CanSati on keeruline sellisel viisil toita. Esiteks kehtivad suuruse ja kaalupiirangud, mis muudavad piisavalt suure päikesepaneeli ehitamise keeruliseks. Teiseks, kuna atmosfäär neelab suure osa Päikesest pärinevast kiirgusest, siis maapinnal olevad päikesepaneelid on palju vähem efektiivsed kui orbiidil olevad päikesepaneelid.

### Ülesanne 2

Õpilastel palutakse täita tabel oma valitud komponentidega, nende valiku põhjuse ja tagavaravariantidega. Viimane ülesanne peaks motiveerima õpilasi üksikute komponentide eeliseid ja puuduseid arutama ning õpilased peaksid suutma põhjendada, miks nad neid oma CanSatis kasutada tahavad.

### Arutelu

Nende tegevuste peamiseks eesmärgiks on, et õpilased tutvuksid põhikomponentide ja anduritega, mida saab CanSati ehitamisel kasutada. Nad peaksid hindama erinevaid andureid, mis on saadaval iga eesmärgi jaoks, ja selgitama välja iga anduri eelised ja puudused. Selle tulemusena peaksid nad suutma teha teadlikke valikuid selle kohta, millised komponendid sobiksid nende CanSatis kasutamiseks.

Teil on võimalik arendada arutelu Tegevuse 4 lõpus, et paluda õpilastel kaaluda, kas nad tahavad oma valikuid muuta ja kasutada oma järgmiseid parimaid alternatiive, kui nad võtavad arvesse asjaolu, et kõik need komponendid peavad töötama koos tervikliku süsteemina CanSatis. On täiendavaid tegureid, näiteks Euroopa CanSati võistluse üldised suuruse ja kaalupiirangud, mis võivad nõuda kompromisside tegemist. Siinkohal võite viidata missiooni eesmärkidele, mis on esitatud CanSati juhendis ja eelkõige arutada, millised eesmärgid tuleks prioriteediks seada (nt kas kohustuslik põhimissioon või nende teisejärguline missioon).

# → CANSATIGA ALUSTAMINE

## Põhissiooni juhend

### → Tegevus 1: Põhikomponendid

#### Sissejuhatus

CanSati põhissiooni täitmiseks vajalikke komponente läheb vaja nii teie CanSatis kui ka maajaamas. Teie CanSat lennutatakse üles raketil, õhupallil või drooniga, aga maajaam tuleb üles seada maa peale. Seal saate te antenni abil võtta vastu andmeid oma CanSatilt.

#### CanSati komponendid:

- Sobiv mikroprotsessor või arvuti (näiteks Arduino või Raspberry Pi)
- Temperatuuriandur (näiteks termistor)
- Atmosfäärirõhu andur (näiteks MPX4115A)
- Juhtmevaba transiiver (nt APC220, X-Bee või LoRa)
- Antenn (tavaliselt veerandlaineline antenn)
- Langevari või samalaadne seade ohutu ja kontrollitud maandumise tagamiseks
- Toiteallikas

#### Maajaama komponendid:

- Juhtmevaba transiiver
- Antenn (tavaliselt Yagi antenn)
- Sobiv mikroprotsessor või arvuti (näiteks Arduino, Raspberry Pi või sülearvuti)

Kui langevarju mitte arvestada, peavad teie CanSati komponendid üles lennutamise ajal mahtuma 330 ml suurusesse karastusjoozi purki (maksimaalne läbimõõt = 66 mm; maksimaalne kõrgus = 115 mm; mass = 300 - 350 g). GPS-moodulid ja raadioantenni võib paigaldada välisküljele, purgi peale või alla, kui suuruse piiranguid mõõtmete osas ei ületata.

**Märkus:** Lugege juhiseid, kus on kirjeldatud kõik nõuded.

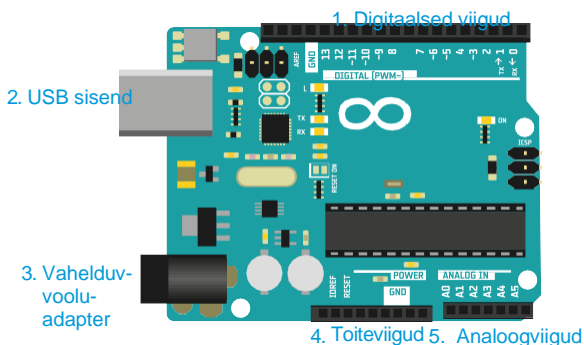
#### Mikroprotsessorid ja arvutid

Mikroprotsessoritel on palju erinevaid funktsioone. Mikroprotsessor erineb teistest seadmetest, millega te võite olla tuttav (nt Raspberry Pi), kuna see nõuab arvutilt sisendit, et see töötaks ja tegemist ei ole iseseisva seadmega. Arduino on populaarne mikroprotsessor. Kui olete oma koodi üles laadinud ja mikroprotsessori sisse lülitanud, võib see toimida arvutist sõltumatult!

Raspberry Pi erineb mikroprotsessorist, kuna see on arvuti. Raspberry Pi plaadil on olemas kõik, mida vaja, et toimida ja koodi jookstada. Trükkplaadile integreeritud CPU tähendab, et Raspberry Pi'd võivad pakkuda suuremat arvutusvõimsust kui mikroprotsessor. Raspberry Pi Zero on miniatuurne, odav Raspberry Pi ja on populaarne valik CanSati projektides. Mikroprotsessori või miniatuurse arvuti valimine on jälle teie teha! Peate välja selgitama, kas see ühildub anduritega, mida soovite kasutada, samuti programmeerimiskeelega, mida te kõige paremini valdate. Käesoleva juhendi lõpus on lingid Arduino ja Raspberry Pi veebilehtedele, kus saab mõlema lahenduse kohta rohkem teavet.



Allpool on näidatud Arduino Uno ja Raspberry Pi Zero, mis on tüüpilised trükkplaadid, mida CanSatides kasutatakse.



## Arduino Uno saab jagada viieks põhikomponendiks:

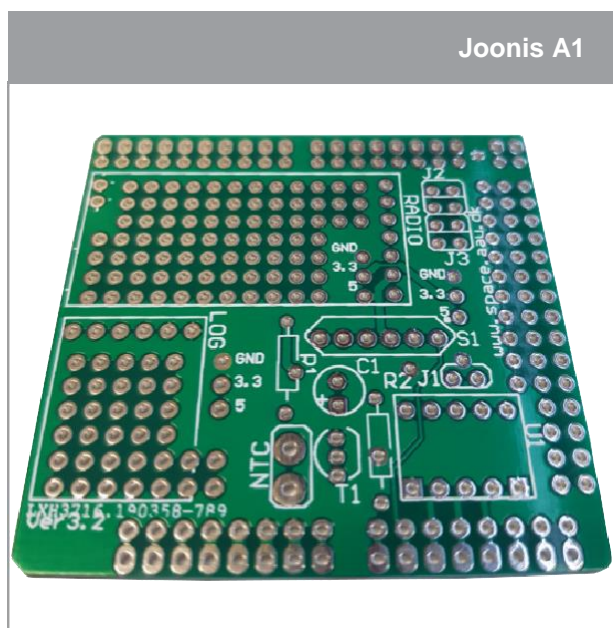
1. **Digitaalsed viigud** — digitaalsete sisendite jaoks on konfigureeritud 13 viiku\*. 6 neist (3, 5, 6, 9, 10 ja 11) on PWM viigud. Rohkem teavet PWM-i kohta leiata raadioside juhendist
2. **USB sisend** – kasutatakse Arduino ühendamiseks arvutiga
3. **Vahelduvvooluadapter** – Arduinoga üle 5 V pingega ühendamiseks
4. **Toiteviigud** - Neid viike saab kasutada, et varustada Arduino 5 V pingega
5. **Analoooviigud** — analoogsisendite jaoks on konfigureeritud 6 viiku\*

\*Vaikimisi on need sisendid, kuid neid saab määratleda ka väljundiks; lisateabe saamiseks vt: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>

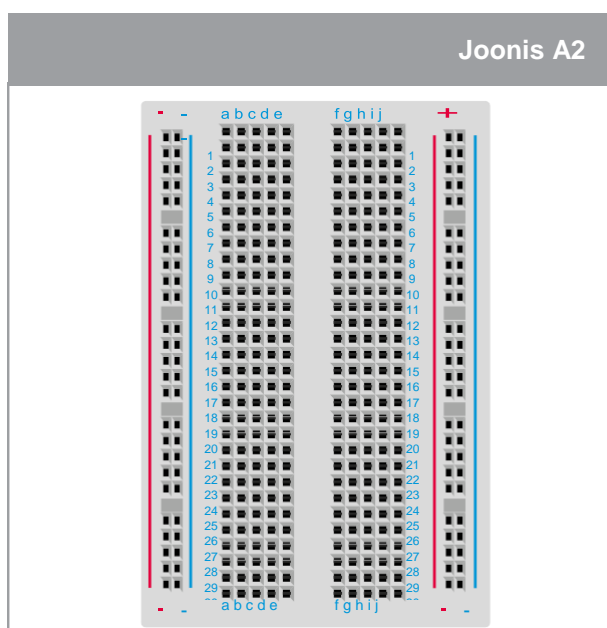
## Arendusplaat

Arduino põhitõdesid ja andureid tundma õppides on kõige parem kasutada jootevaba arendusplaati, kuna siis on kõiki vigu, mida te oma vooluringi ehitamisel teete, lihtsam parandada. Arendusplaat on lihtne tööriist, mida saab kasutada elektriliste komponentide ühendamiseks.

**Märkus:** Lugege juhiseid, kus on kirjeldatud kõik nõuded.



↑ Joodetav arendusplaat



↑ Jootevaba arendusplaat

Elektriliste komponentide viigud saab sisestada arendusplaadil olevatesse pesadesse. Read on keskelt ühendatud. See tähendab näiteks seda, et takisti kaks viiku tuleks sisestada erinevatesse ridadesse, vastasel juhul moodustab see iseendaga suletud ahela.

Ennevooluringi ühendamist ja toiteallikaga ühendamist on väga oluline oma vooluahelast skeem teha, kuna esineb oht, et komponendid lähevad katki. Arendusplaadi välimised veerud on ühendatud veergude kaupa, mitte ridade kaupa. Tavaliselt kasutatakse neid maa- ja pingeühenduste tagamiseks, et vähendada seadistuse keerukust.

Kui panete kokku oma CanSati lõplikku versiooni, peate kasutama tüüpilist joodetavat arendusplaati. Me uurime seda lähemalt tegevuses 4!

## Temperatuuriandur

Temperatuuriandureid saab jagada järgmistesse põhikategooriatesse:

- Termistorid
- Analoogandurid
- Termopaarid

Tüüpiline kahe jalaga termistor on negatiivse temperatuuriteguriga termistor (NTC). See töötab põhimõttel, et temperatuuri muutus põhjustab termistori elektrilise takistuse muutumise - NTC osa tähendab, et kui temperatuur tõuseb siis elektriline takistus väheneb (ja vastupidi). Takistuse muutust saab otse mõõta multimeetriga, kuid Arduinosse sisendiks peame teisendama elektrilise takistuse muutuse pinge muutuseks - uurime seda hiljem.

Analoogandurid on odavad ja ei vaja kalibreerimist. Need kasutavad temperatuuri määramiseks pidevatoimelisi andureid, mitte termotakisteid. Me ei pea süvenema sellesse, kuidas need andurid füüsiliselt töötavad, kuid kui olete huvitatud, saate rohkem teavet [siit](#)<sup>1</sup>.

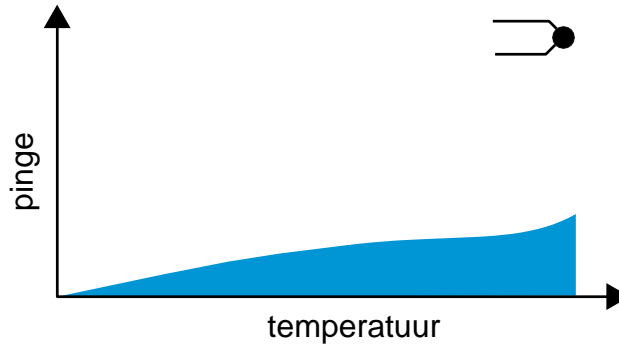
Termopaarid mõõdavad temperatuuri, kasutades kahe erineva metalli vahel esinevat termoelektrilist efekti. Selle mõju avastas Thomas Seebeck. Jällegi, aluseks olev füüsika ei ole siin oluline, kuid saate rohkem teavet [siit](#).

---

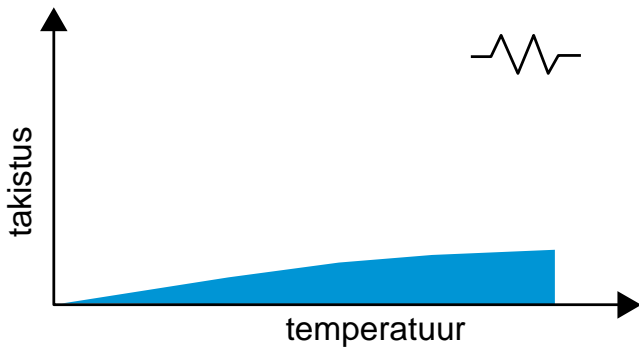
<sup>1</sup>Leiate kõik lingid antud juhendi lõpust

Graafikud näitavad, kuidas temperatuur mõjutab kolme tüüpi temperatuuriandurite pinget ja takistust. Täiendav võrdlus NTC termistoride ja analoog temperatuuriandurite vahel on leitav [siit](#).

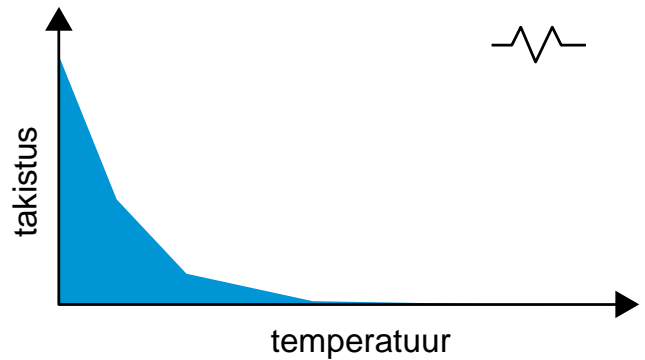
### TERMOPAARID



### RTD



### TERMISTOR



Kui otsustate, millist andurit oma CanSatis kasutada peaksite võrdlema tehnilisi andmeid, mis on esitatud tootjate andmelehtedel. Valitav andur peaks kõige paremini sobima teie missiooni eesmärkidega. Võib-olla peate arvestama ka vabade viikude arvuga. Näiteks on Arduino Uno1 rohkem digitaalseid viike kui analoogviike. Olenevalt teie teisejärgulisest missioonist peate te võib-olla neid viike eelistama.

## Ülesanne 1

1. Kas oskate nimetada, milliseid probleeme veel ette võib tulla, kui õhutemperatuuri mõõtmiseks termistori kasutada?

**Vihje:** Mis tekib siis, kui vool voolab läbi materjali (elektrit juhtiv või mitte)?

---



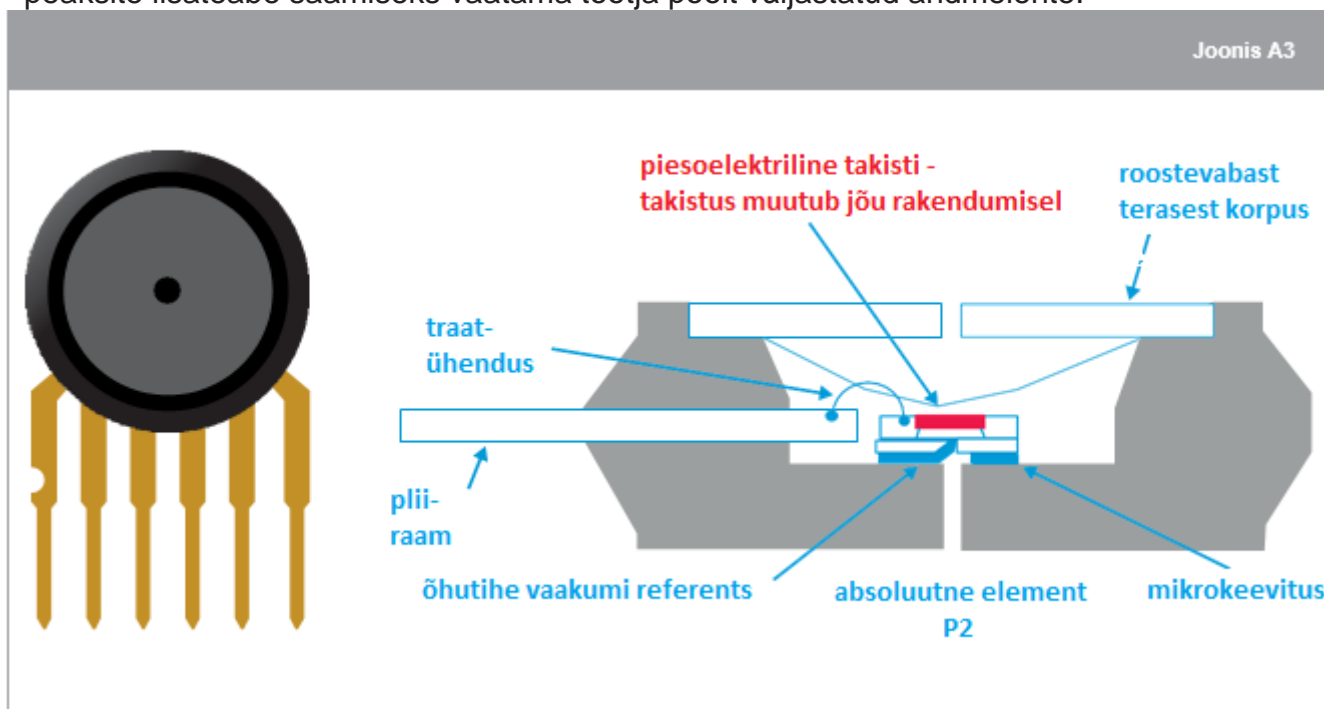
---



---

## Atmosfäärirõhu andur

MPX4115A atmosfäärirõhu andur on 6-jalgne komponent, millest mõõtmiseks kasutatakse ainult 3 jalga. Seda andurit kasutatakse tavaliselt Cansatis. Andur kujutab endas väikest **piesoelektrilist takistit**, mis on paigaldatud ava kohale. Kui kasutate teistsugust andurit, peaksite lisateabe saamiseks vaatama tootja poolt väljastatud andmelehte.



↑ MPX4115A atmosfäärirõhu andur ja skeem anduri sisemusest, kus on näha piesoelektrilist takistit.

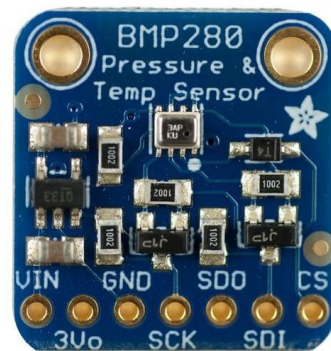
### Aga... Mis on piesoelektriline takisti?

Piesoelektriline takisti on takisti, mille takistus varieerub siis, kui see on mehaanilise pinge all, näiteks kui seda venitatakse või painutatakse. Atmosfäärirõhu muutumisel paindub piesoelektriline takisti veidi. See „paindumine” põhjustab piesoelektrilises takistis pingeid, mis muudavad selle elektrilist takistust.

MPX4115A anduris muundatakse takistus juba anduri sees pingeks. Seda pinget saab kasutaja Arduino plaadil rakendada. Saadaval on aga palju erinevat tüüpi rõhuandureid. Kuigi MPX4115A on ehk kõige levinum, ei pruugi see teie projekti jaoks kõige sobilikum olla!

## Muud andurid

Väga populaarne alternatiiv temperatuuri- ja rõhuanduritele, mida arutanud oleme, on BMP280 digitaalne rõhuandur. Andur ühendab rõhu- ja temperatuurianduri ühte seadmesse, tänu millele see sobib suurepäraselt CanSati põhimissiooni jaoks. BMP280 andur on odav ja väga väike. See tähendab, et saate täita oma põhimissiooni, kasutades samal ajal väga väikest osa oma CanSati eelarvest ja ruumist, muutes teisejärgulised missioonid palju põnevamaks!



Andur on tavaliselt võimeline mõõtma 1 hPa täpsusega rõhku ja 1°C täpsusega temperatuuri. Selle populaarse anduri kasutamise suurim eelis on ehk see, et selle kohta on olemas piisavalt teavet, kui teil peaks probleeme esinema! BMP280 temperatuuriandur sarnaneb teiste elektriliste komponentidega, mille seest vool läbi läheb. Nagu te teate, on kõigel, mis kannab voolu ka takistus ja see tekitab seega soojust, nii et mõõdetud temperatuur võib olla kõrgem kui ümbritseva õhu temperatuur - peaksite seda mõõtmistel arvestama!

### Olulised kaalutlused anduri valimisel:

**Tundlikkus:** milline on minimaalne muutus, mida andur suudab mõõta?

**Reaktsiooniaeg:** kui kiiresti reageerib andur muutuvale keskkonnale?

**Lineaarsus:** kas mõõtetulemus on lineaarne (mõõtmiseks vajalik vahemikus)?

**Vahemik:** mis on minimaalne/maksimaalne väärtus, mida andur suudab mõõta?

**Hüsterees:** kas anduril on sama väljund samadele keskkonnatingimustele; nt kas temperatuurianduri väljundväärtused on mõõdetud temperatuuri jaoks samad, olenemata sellest, kas temperatuur tõusis või langes? See on nähtus, millega võite juba olla kokku puutunud magnetismi uurimisel.

## Ülesanne 2

Uurige BMP280, ühe rõhuanduri (nt MPX4115A) ja temperatuurianduri (nt termistori) andmelehti ning kirjutage nende omadused allpool olevasse tabelisse. Kui soovite veel andureid tabelisse lisada, on selleks kaks tühja veergu.

	BMP280	MPX4115A	Termistor		
Töövahemik					
Täpsus					
Reaktsiooniaeg					
Hind					
Vajalik võimsus					

## → Tegevus 2: Põhielektronika

### Sissejuhatus

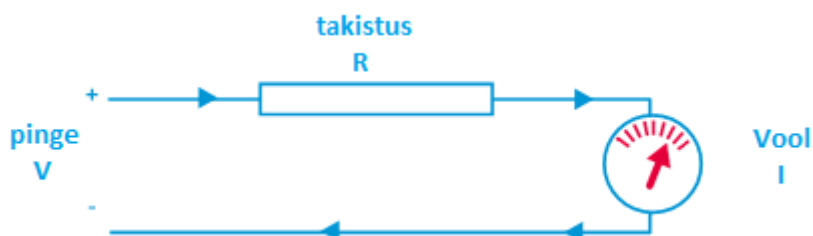
Nüüd, kui meil on arusaam erinevatest komponentidest, mida põhimissiooni juures on võimalik kasutada, vaatame, kuidas need komponendid töötavad. Järgmises osas vaadeldakse elektroonika põhivõrrandeid, mida andurid kasutavad .

### Pinge ja vool: Ohmi seadus

Enne põhimissiooniga alustamist on hea mõista elektri põhimõisteid. Ohmi seadus kirjeldab, kuidas elektriahelas on omavahel seotud järgmised komponendid: pinge, vool ja takistus.

Tavalistes elektrit juhtivates materjalides nagu vask, kuld, hõbe jne on elektronid võimelised materjalist hõlpsalt läbi voolama - pinge  $V$  (tagab potentsiaalse energia) annab „tõuke”, mis on vajalik elektronide voolamiseks (voolukiirus = vool  $I$ ) läbi ahela.

Ohmi seadus võimaldab meil ennustada voolu ( $I$ ), mis läbib takisti ( $R$ ), kui ahelasse rakendatakse pinget ( $V$ ) nagu joonisel on kujutatud.



Ohmi seadus:

$$V = IR$$

mille saab ümber korraldada, et

$$I = \frac{V}{R}$$

Seega, kui pinge, mida me ahelasse rakendame, on konstantne, saame reguleerida voolu elektritakistuse muutmise abil.

### Takistid

Takistid on oluliseks komponendiks igas CanSatis. Oleme juba rääkinud ühest takistist - termistorist. Tavalisi takisteid, mis ei ole mõeldud mõõtmiste teostamiseks, saab kasutada selleks, et reguleerida pinget ja voolu, mis läbib teie vooluringi komponente. Kasutatava takisti takistus, mida mõõdetakse oomides, peab olema sobiv. Aga kuidas teada saada, kui suur takistus on? Näiteks tavalise termistori puhul võite kasutada väiksema takistusega takistit, näiteks 220 k $\Omega$ , samas nõuab näiteks LED palju suurema takistusega takistit, näiteks 10 k $\Omega$ . Kui te ei vali õige väärtusega takistit, ei pruugi vooluahel käituda nii, nagu te soovite.

Lihtne lahendus on kasutada oommeetrit. See annab teile kohese lugemi. Samas võite takistuse ka ise arvutada, vaadates takistil olevaid värvilisi rõngaid.

Allpool olev joonis näitab, kuidas lugeda 4 või 5 rõngaga takisti väärtust. „Tolerants” näitab vahemikku, mille sisse te võite eeldada, et takistuse tegelik väärtus eeldatavast takistuse väärtusest jääb.

Colour	1st Band	2nd Band	3rd Band	Multiplier	Tolerance
Black	0	0	0	1Ω	
Brown	1	1	1	10Ω	±1%
Red	2	2	2	100Ω	±2%
Orange	3	3	3	1KΩ	
Yellow	4	4	4	10KΩ	
Green	5	5	5	100KΩ	±0.5%
Blue	6	6	6	1MΩ	±0.25%
Violet	7	7	7	10MΩ	±0.10%
Grey	8	8	8		±0.05%
White	9	9	9		
Gold				0.1Ω	±5%
Silver				0.01Ω	±10%

Näiteks joonisel esitatud takistite väärtused on  $339 \Omega \pm 1\%$  (ülemine) ja  $390,000 \Omega$  ( $390 \text{ M}\Omega$ )  $\pm 10\%$  (alumine).

## Ülesanne

1) Kui suur on alumise takisti takistus?




---



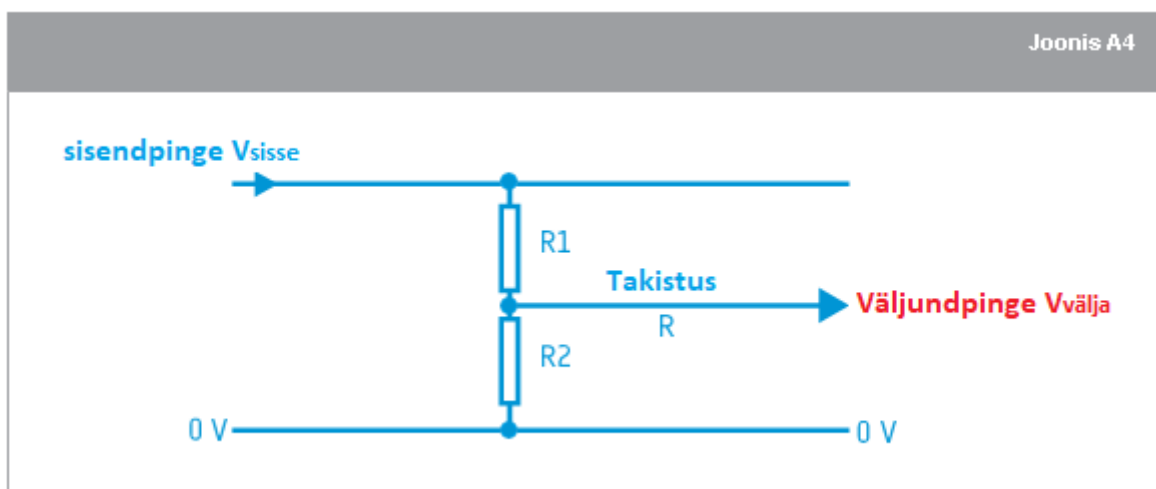
---

## Pingejagur

Paljud andurid näitavad elektrilise takistuse muutust, mis on võrdeline mõõdetava parameetri muutusega. Näiteks termistori takistus muutub, kui ümbritseva õhu temperatuur muutub. Kuid Arduino ei suuda otseselt mõõta muutuvat takistust, vaid muutuvat pinget. Seetõttu, et termistori saaks edastada teavet temperatuuri kohta Arduinole, peame muutma väljundi muutuva takistuse asemel muutuvaks pingeks.

Seda tehakse pingejaguri abil. Kui ühel takistil on fikseeritud väärtus, peab mõõdetava pinge muutuse ( $V_{\text{välja}}$ ) põhjustama termistor. Selle pinge suurenemise või vähenemise saab seejärel siduda temperatuuri tõusu või langusega ülekandefunktsiooni abil. Ülekandefunktsioon on lihtne võrrand, mis ütleb meile, kuidas mõõdetud pinge ja temperatuur omavahel seotud on.

Ülekandefunktsiooni arvutamiseks tuleb kõigepealt analüüsida vooluahelat ja lõpuks esitada temperatuur pinge funktsioonina. Lugege kindlasti kasutatava anduri andmelehte, et saada teavet, mida vajate oma ülekandefunktsiooni koostamiseks.



↑ Pingejaguri skeem

R1 või R2 võib selles ahelas asendada termistoriga.



## Lisaülesanne

Voolu ( $I$ ), mis läbib takistid  $R1$  &  $R2$  saab arvutada Ohmi seadusega ( $V=IR$ ). Kombineerige ja korraldage ümber allolevad võrrandid, et esitada lõplik võrrand  $V_{välja}$ .

Kui

$$V_{sisse} = I (R1 + R2) \text{ ja } V_{välja} = I$$

$$(R2) I = \underline{\hspace{2cm}} \text{ ja } I = \underline{\hspace{1cm}}$$

Siis saame ühendada võrrandid, et eemaldada  $I$ :

=

Aga me tahame teada, kuidas  $V_{välja}$  sõltub teistest parameetritest, nii et võrrandi ümberkorraldamine annab meile:

$$V_{välja} = \underline{\hspace{4cm}}$$

Kuna  $V_{sisse}$  on fikseeritud (koos  $R1$ -ga), saame **muutuva takistuse ( $R2$ )** teisendada **muutuvaks pingeks** kasutades pingejagurit.

**Näpunäide:** materjali läbiv elektrivool tekitab soojust (nt termistori sees) ja see omakorda muudab selle elektritakistust. Isekuumenemise mõju minimeerimiseks on hea mõte lülitada ahel sisse vahetult enne mõõtmist. Võtke kiiresti mõõt ja lülitage seejärel vool pärast mõõtmist uuesti välja. See vähendab voolu voolamise aega, tänu millele tekib vähem soojust.

## → Tegevus 3: Oma CanSatiga suhtlemine

### Sissejuhatus

Peaksite olema valmis põhimissiooni läbiviimiseks vajaliku elektroonika ettevalmistuseks, kuid üks oluline samm on veel tegemata! CanSati poolt kogutavad andmed tuleb saata maajaamale. Et seda oleks võimalik teha, peame vaatama komponente, mida suhtlemiseks saame kasutada ja kuidas elektroonika suhtleb.

### Transiiverid (või raadiomoodulid)

Me teame, kuidas kasutada Arduinot ja andureid, et salvestada temperatuuri ja rõhu andmeid. Aga kuidas me saame kätte teabe, mida meie CanSat salvestab? Võiksime muidugi andmed salvestada ja kätte saada siis, kui me CanSati üles korjame. Kuid põhimissioonis peab teie CanSat edastama teavet teie maajaama iga sekundi tagant. See nõue on esitatud kahel põhjusel.

Esiteks, see aitab teil mõista tõelist satelliidimissiooni! Teiseks, me ei saa kontrollida kõiki üleslennutamisel esinevaid tingimusi ja mõnikord tähendab see seda, et me ei saa igat CanSati taastada. Tänu teabe edastamisele saate siiski lõpule viia oma projekti analüüsi etapp.

Juhtmevabu saatjaid kasutatakse teabe edastamiseks CanSat ja maajaama vahel. Need töötavad paaris, sarnaselt kaasaskantavate raadiosaatjatega, mida olete võib-olla noorena kasutanud (või praegu!). Nii CanSat kui ka maajaam on varustatud antenniga. CanSati antenn edastab teavet ja maajaama antenn võtab teabe vastu. Selleks, et vältida häireid ja segamist, antakse igale võistluse meeskonnale oma sagedus - just nagu kanalid raadiosaatjal. See tähendab, et võtate ainult vastu enda CanSati ja mitte teiste allikate poolt edastatud teabe. Tegelikult koosneb sõna transiiver kahest sõnast - saatma (*transmit*) ja vastu võtma (*receive*), kirjeldades täpselt seda, mida transiiver teha suudab.

Keskendume transiiveri valimisel erinevatele võimalustele ja kriteeriumidele, mida võib-olla soovite kasutada, et otsustada, millist valida.

Transiiveri valimisel on ehk kõige olulisemateks kriteeriumideks töösagedused, tarbitav võimsus ja transiiveri füüsiline suurus. Loomulikult peate arvestama ka transiiverite maksumusega. Projekti kavandamisel tuleb sageli kompromisse leida. Iga töö jaoks täiuslikud komponendid ei pruugi ühel või teisel põhjusel tingimata ühilduda.

Joonis A5



APC220 moodul

Joonis A6



↑ RFM95 LoRa moodul

Joonis A7



↑ XBee moodul

Üks levinumaid valikuid on APC220. See on võimeline suhtlema kuni 1000 m kauguseni ja töötab sagedusvahemikus 418 MHz kuni 455 MHz. Populaarseks alternatiiviks on LoRa moodul (näiteks RFM95). Nad pakuvad üldiselt suuremat vahemikku, kuni 2000 m, kuid töötavad diskreetsetel sagedustel, mitte sellises vahemikus nagu APC220. Viimane moodul, mida me lühidalt arutame, on XBee moodul. Need erinevad oluliselt APC220 ja LoRa moodulitest, kuna need tegutsevad pigem WiFi vahemikus (2,4 GHz) kui MHz piirkonnas. See võib tuua kaasa oma väljakutseid, näiteks lähedalasuvad seadmed võivad põhjustada häireid. Sõltuvalt mudelist võib vahemik varieeruda 400 m kuni 1600 m-ni.

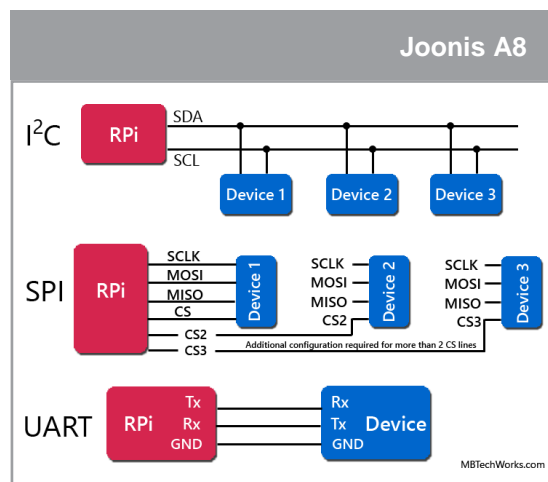
Teie CanSati kõige sobivam transiiver erineb meeskonnati. Te peaksite uurima kõikide transiiverite andmelehti ja kasutama seda teavet, kui valite oma projekti jaoks transiiverit, arvestades samal ajal ka ülejäänud projektiga! Lisateabe saamiseks vaadake meie raadioside materjale.

## Suhtlusprotokollid

Kõik elektroonikasüsteemid kasutavad üht mitmest süsteemist, et komponendid saaksid omavahel suhelda. Kolm peamist süsteemi mida me CanSatis kasutame on UART (universaalne asünkroonne vastuvõtja/saatja), SPI (sünkroonne järjestikusuhtluse liides) ja I2C (kahejuhtmeliides).

### UART suhtlus

UART tähendab universaalne asünkroonne vastuvõtja/saatja. Peamine erinevus UARTi, SPI ja I2C vahel on „asünkroonsus“! Mida tegelikult asünkroonse all silmas peetakse? Nagu te ilmselt aimasite, on see sünkroonse vastand, kuid võrdleme, kuidas need mõlemad suhtlemise seisukohast üksteisest erinevad.



↑Erinevate suhtlusprotokollide skeemid

Sünkroonne suhtlus on nagu kellelegi telefoniga helistamine. Esmalt valite numbrit ja ootate, et teine ots vastaks. Alates sellest hetkest, kui saadate andmeid (räägite) on vastuvõtja koheselt võimeline vastu võtma (kuulma) ja seejärel oma andmed edastama (rääkima), ja teie saate need andmed vastu võtta (kuulete). Kui soovite andmete saatmise lõpetada, saadate sõnumi, et vastuvõtja saaks sellest aru (ütlete nägemist!) ja siis võite vabalt muid ülesandeid täita.

Asünkroonne suhtlus sarnaneb pigem kirja saatmisega. Pärast kirja saatmist suudab saatja täita muid ülesandeid, oodates samal ajal vastust. Millalgi hiljem kontrollib saatja oma postkasti, et näha, kas ta on saanud vastuse ja tegutseb vastavalt sellele!

UARTi kasutatakse laialdaselt ja see on hästi dokumenteeritud ning seetõttu võib seda kirjeldada lihtsalt ja hõlpsasti kasutatava süsteemina, kuid loomulikult on sellel oma piirangud:

1. Üks oluline aspekt seoses UART suhtlusega on et see on mõeldud ainult kahe seadme vahel korraga suhtlemiseks (ei ole eriti kasutusel keerulistes CanSatisides). Kuna protokoll saadab ainult bittide, mis näitavad sõnumi algust, sõnumi sisu ja sõnumi lõppu, ei ole olemas meetodit, kuidas samal real mitut saatjat ja vastuvõtjat eristada. Kui rohkem kui üks seade üritab edastada andmeid samal liinil, tekib siin ümmik ja vastuvõtavad seadmed võtavad tõenäoliselt vastu kasutuskõlbmatuid andmeid!
2. UART on pooldupleks, mis tähendab, et kuigi suhtlus võib toimuda kahesuunaliselt, ei saa mõlemad seadmed üksteisele korraga andmeid edastada. Projektis, kus kaks Arduinot suhtlevad üksteisega järjestikühenduse kaudu, tähendaks see näiteks seda, et korraga saaks ainult üks Arduinodest teisega „rääkida“. Enamiku rakenduste puhul on see asjaolu suhteliselt ebaoluline ja mitte mingil moel ebasoodne.

**Tüüpilised UARTi kasutusalaad CanSatis on:** Silumisteadete ja arendamisega seotud sõnumite saatmine arvutisse, suhtlemine GPS-anduritega, suhtlemine väliste WiFi ja GPRS (3G) modemitega.

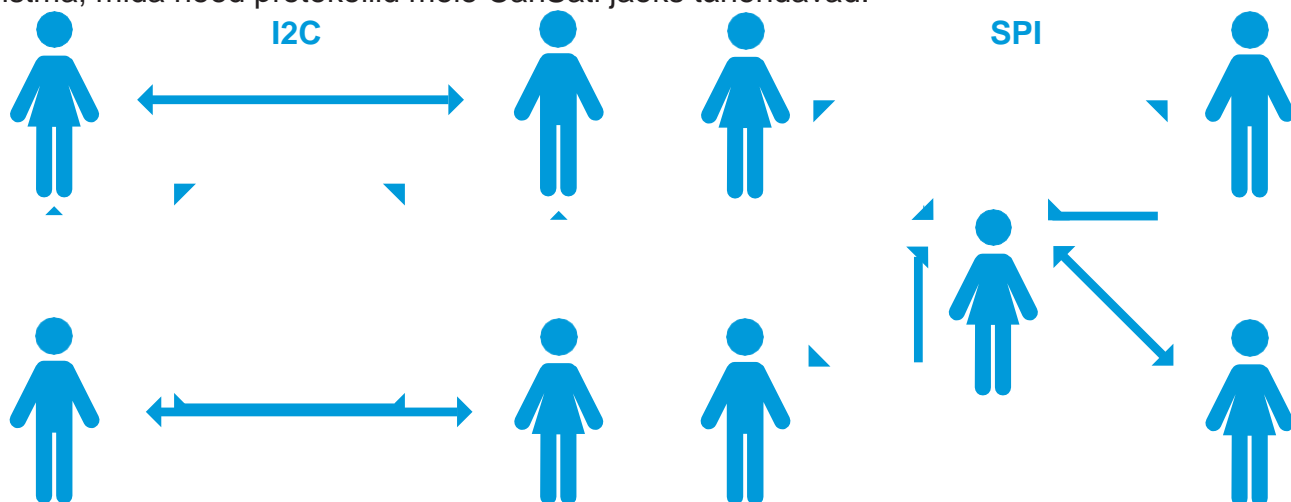
### I2C ja SPI protokollid

**I2C** võimaldab mitut seadet (kuni 1008!) ühendada sama I2C liidesega, mis on tegelikult vaid juhtme paar. See võimaldab ka kahesuunalist suhtlust nende kahe juhtme kaudu ja on tänu sellele ideaalne paljude anduritega suhtlemise jaoks. **Tüüpilised I2C kasutusalaad CanSatis on:** „Nutikad“ andurid (nt BMP 280), kiirusandurid, analoog-digitaalmuundurid, digitaal-analoogmuundurid, LCD-ekraanid, aku kontrollid.

Teisest küljest on **SPI** kõige keerulisem liides, mida Arduino riistvara toetab. Nagu ka I2C puhul, toetab see kahe-suunalist suhtlust mitme seadmega, kuid võimaldab palju suuremat andmeläbilaskevõimet. Tänu sellele sobib see suhtlemiseks kõige keerukamate seadmetega, mida võite CanSatiga ühendada. **Tüüpilised SPI kasutusalaad CanSatis on:** Kaamerad, mälukaartid (nt SD-kaardid), GPS-moodulid, WiFi modemid.

Me kasutame lihtsat analoogiat, et selgitada, kuidas erinevad komponendid käituvad SPI ja I2C süsteemis. SPI on sünkroonne järjestiksuhtluse liides. I2C on kahe-suunaline järjestiksin.

Me ei pea muretsema liiga palju selle pärast, kus kohast need nimed pärit on, peame lihtsalt mõistma, mida need protokollid meie CanSati jaoks tähendavad.



Ülaltoodud joonis näitab meie analoogiat. Paremal on SPI süsteem ja vasakul on I2C süsteem. Selles analoogias asendame oma elektrilised komponendid inimestega. Nooled tähistavad võimalikku suhtlust iga inimese vahel. Nagu näete, on SPI süsteemis üks komponent, mis vastutab suhtluse eest, seda nimetatakse ülemaks. Teisi komponente nimetatakse alluvateks. I2C süsteemis saab iga komponent üksteisega suhelda, nii et ülemaks saab määrata ainult ühe komponendi korraga. Ülem otsustab, millisele komponendile teavet edastada. „Alluv” kuulab ülemat ja kas saadab või võtab vastu andmeid vastavalt taotlusele. I2C protokollis on olukord dünaamiline. Kõik komponendid võivad saata „kuula” käsku ja saada ülemaks.

Võite arvata, et I2C protokoll kõlab palju paremini, kuid meie ahelate reaalsus ei ole sama lihtne nagu analoogia. Kuigi I2C-d on lihtsam seadistada, on andmeedastus SPI-st aeglasem ja tarbib üldjuhul rohkem energiat. Suhtlusprotokolli valikut tuleb hinnata samamoodi nagu iga teist projekti osa, kuid võite ka leida, et selle määravad teie CanSatis kasutatavate andurite omadused. Alljärgnev kokkuvõtlik tabel annab ülevaate sellest, mis on tähtsaimad asjad, mida protokollis valides kaaluda.

Tabel A1			
	Protokoll		
	I2C	SPI	UART
Seadistus	Mitu ülemat ja alluvat	1 ülem, mitu alluvat	1 ülem, 1 alluv
	Lihtne - läheb vaja 2 viiku	Keeruline - läheb vaja 4 viiku	Lihtne - läheb vaja 2 viiku
Andmeedastuskiirus	Aeglane	Kiire	Aeglane
Energiakulu	Suur	Väike	Suur

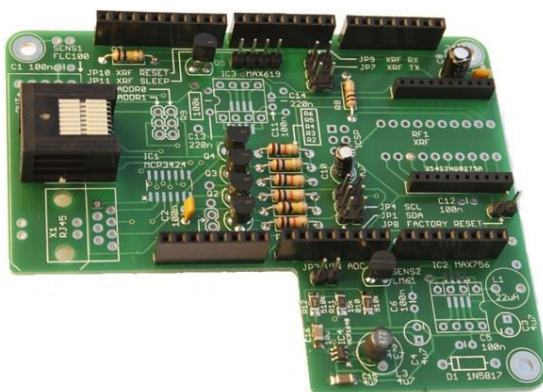
## → Tegevus 4: Terviku moodustamine

### Sissejuhatus

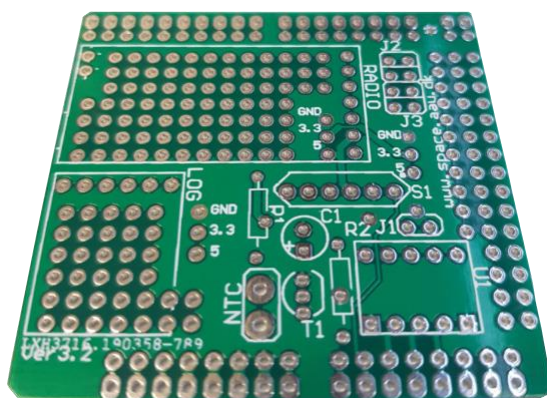
Peaegu valmis! Nüüd, kui olete saanud ülevaate kõikidest komponentidest, mis on CanSati põhimissiooniks vajalikud, on ainult kõik kokku vaja panna! CanSati võistlus pakub isemoodi väljakutseid, kuna peate hoolikalt mõtlema selle peale, kui palju ruumi teie komponendid võtavad ja kuidas neid kokku sobitada. Nüüd vaatame mõningaid viise, kuidas seda teha ja erinevaid viise, kuidas CanSati toitega varustada.

### Joodetav arendusplaat

Kui aredate oma CanSati põhimissioonist edasi, peate tõenäoliselt ühendama palju rohkem andureid oma põhiplaadiga. See võib ruttu väga keeruliseks minna. Kahe lahendusena võiks kasutada arendusplaati või andurite plaati. Andurite plaat toimib arendusplaadiga väga sarnaselt, kuid on ehitatud selliselt, et seda on võimalik põhiplaadile kinnitada. Allpool näete, kuidas andurite plaat välja näeb. Andurite plaadid võivad tihti olla arendusplaadist kallimad, kuna need on kohandatud kasutamiseks konkreetsete mikrokontrolleritega.



Samas on arendusplaadid aga odavad ja mitmekülgsed. Need sarnanevad jootevabadele arendusplaatidele, millest me varem rääkisime. Peamine erinevus seisneb selles, et elektriühendused moodustatakse joodise abil. Allpool on näha joodetavat arendusplaati.



Kuigi me keskendume selles juhendis ainult põhimissioonile, peate alati meeles pidama, mis suunas teie projekt liigub, et veenduda, et teie lahendused on ka tulevikus kasutatavad. Sobiva laienduse valimine põhiplaadi jaoks on seetõttu oluline!

## Jootmine

Kui CanSat üles lennutatakse, peab see vastu pidama märkimisväärsetele kiirendustele ja jõududele, mis võivad põhjustada probleeme, kui teie vooluahela ühendused on nõrgad. Selle probleemi lahendamiseks kasutame jootmist. Elektriliste komponentide vahelise püsiva elektriühenduse tagamiseks kasutatakse jootmise tehnoloogiat. Metall sulatatakse ja sellega ühendatakse ühenduskohad.

Metalli, mida kasutatakse ühenduste ühendamiseks, nimetatakse joodiseks. On oluline, et kasutataval metallil oleks madalam sulamistemperatuur kui ühendatavatel juhtmetel või komponentidel; te ei soovi, et need ka ära sulaksid! Joodis kantakse ühenduskohta jootekolbiga. Võrreldes koodi kirjutamise ja andurite valimisega võib see tunduda teie projektis kui tühine asi, kuid halb jooteühendus on üks esimesi asju, mis üleslennutamise ajal üles võib öelda, ja kui vooluring ei tööta õigesti, võib kogu projekt ebaõnnestuda!

Jooteühenduste tegelik eelis on see, et need on palju vastupidavamad ja usaldusväärsemad kui tüüpiline arendusplaadi ühendus. Raketi käivitamise ajal esineva vibratsiooni ja põrutuse tõttu on see oluline et jooteühendused oleksid kvaliteetsed.



↑ Näide jootest jaamast

### Ohutus:

- Jootekolvid töötavad tavaliselt temperatuurivahemikus **300-400 °C**.
- **Kandke alati kaitseprille** ja ärge asetage kogemata midagi kuuma jootekolvi lähedale või selle peale.
- Ühendage jootekolb pärast kasutamist vooluvõrgust lahti ja **laske sellel täielikult maha jahtuda enne kui te selle ära panete**.

**Korralike jooteühenduste tagamiseks on vaja õppida selgeks erinevad jootmise meetodid:**

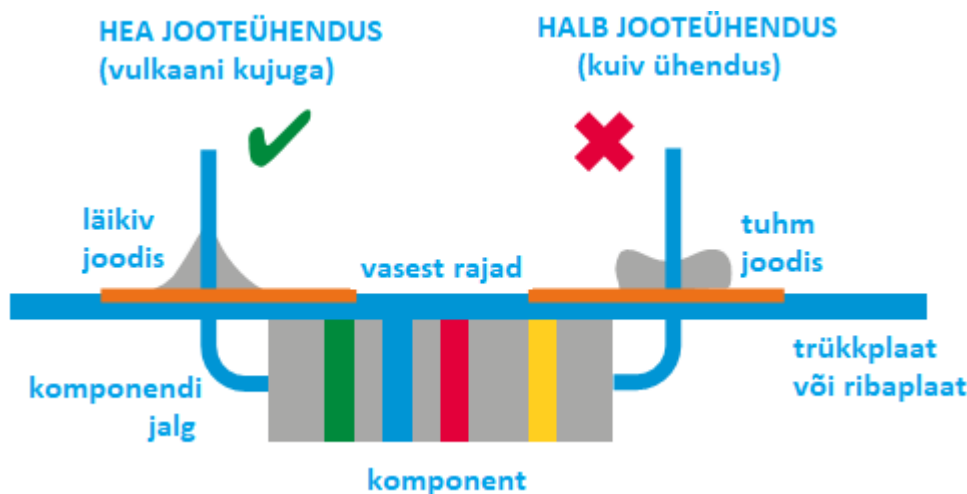
- Viige jootekolb jooditava komponendi jala juurde, oodake 2-3 sekundit, et jalg kuumeneks üles ja lisage väike kogus joodist.
- Laske joodisel täielikult komponendi jala ümber üles sulada, eemaldage joodis ja pärast seda ka jootekolb.
- Veenduge, et komponent jahtub maha enne järgmise komponendi jala jootmist.

**Hea jooteühendus** tekib siis, kui joodis muudab ühendatavad pinnad „märjaks“. Kuju peaks meenutama vulkaani.

**Halvad jooteühendused** tekivad mitmel põhjusel, näiteks siis, kui kasutatakse liiga palju joodist, jootekolb soojendab kõigepealt joodist (enne komponendi jala kuumutamist) või kui pinnad ei ole puhtad.

Enne komponentide jootmist andurite plaadile on hea mõte jootmist harjutada, kasutades tagavara arendusplaati. Halb jooteühendus on üks esimesi asju, mis üleslennutamise ajal võib üles öelda ja see võib andmete kogumise võimatuks muuta!

Lisateavet jootmise meetodite kohta leiате selle peatüki lõpus olevatest linkidest.



## CanSati toide

Nüüd on teil põhiteadmised, mida vajate, et alustada CanSat ehitamist oma põhimissiooni läbiviimiseks. Aga on veel üks oluline CanSati aspekt, mida me ei ole veel arutanud: kuidas oma CanSati toita! Te ei saa CanSati käivitamise ajal USB-porti ühendada; sellel peab olema sisemine toiteallikas. Tüüpilist satelliiti varustavad toitega satelliidi välisküljele kinnitatud päikeseelemendid. Kuid see ei ole CanSati võistluses võimalik.

## Ülesanne 1

### 1. Miks on päikesepaneelid eelistatud valik satelliitides, ja miks need teie CanSatis vähem kasulikud võivad olla?

On mõned asjad, millele tuleb tähelepanu pöörata, kui otsustate, kuidas te oma CanSati toitate:

- Kui palju toitepinget vaja läheb?
- Kui suur võib aku (füüsiliselt) olla?
- Millise mahtuvusega akut te vajate (mAh)?
- Kui raske võib aku olla?

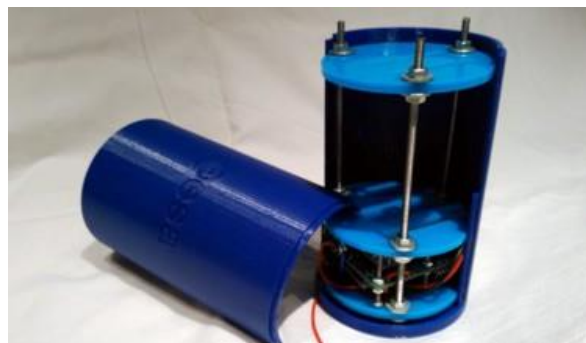
Paljud mikroprotsessoriga trükkplaadid on võimelised tagama plaadile ühendatud komponentidele kas 3,3 V või 5 V, kuid ei ole võimatu ka kõrgemat pinget kasutada, näiteks 9 V akut, kuna paljudele plaatidele on ka paigaldatud 'regulaatorid', mis võivad pinget sobivale tasemele langetada. Sellel on tihti ka oma hind, kuna protsessi käigus läheb energiat raisku. Peate kaaluma, kas see energiakadu on teie missiooni edukuse seisukohast otsustava tähtsusega. Paljudel juhtudel see ei ole, kuna CanSati lennuaeg on suhteliselt lühike. Kuid see on arvutus, milles peate kindel olema!

Sobivaks lahenduseks on ka akupank, näiteks kaasaskantav mobiiltelefoni laadija. Neid on saadaval iga kuju ja suurusega ning aku mahutavus on erinev. Mõned on ka „aruka“ elektroonikaga, mis ei varusta elektriga, kui seadme poolt kasutatav toide on väike. Kuigi see võib olla kasulik energiasäästu funktsioon, peate uurima, mida elektroonika „madala“ all mõtleb ja kas see sobib teie CanSati jaoks.



## CanSati purki panemine

Viimane, kuid mitte mingil juhul mitte vähem oluline samm oma CanSati ehitamisel on korpuse ehitamine, kuhu sisse mahutada kõik elektrilised komponendid, mis on vajalikud teie põhi- ja teisesejärgulise missiooni jaoks. See ei kaitse mitte ainult komponente suurte jõudude eest, mida see üleslennutamise ajal kogeb, vaid pakub ka kaitset ümbritseva keskkonna vastu, näiteks kerge vihma või madalate temperatuuride.



3D-printeri kasutamine võimaldab teil korpuse ehitada täpselt vastavalt teie nõuetele. Ühtseks lähenemisviisiks on kihiline disain. Seda saab kasutada näiteks põhi ja teisesejärgulise missiooni eraldamiseks. Sellise korpuse kasutamine võimaldab teil korpust lihtsasti eemaldada, et jooksvalt oma CanSati parandada ja muuta. [Siit](#) saate alla laadida STL-failid, et 3D printida pildil oleva korpuse osad.

Käesolev juhend on tutvustanud teile elektroonikat ja andureid, mida saate oma CanSati põhimissiooni jaoks kasutada. Nüüd saate ühendada siduda oma teadmised meie täiendavate dokumentidega, et mõelda välja oma põhimissioon.

## Ülesanne 2

Kui teil on arusaam oma põhimissiooni jaoks saadaolevatest erinevatest komponentidest, võib olla hea mõte planeerida tootmist, kasutades midagi alljärgnevat tabelit:

Tabel A2			
Element	Valitud komponent	Valiku põhjused	Järgmine parim alternatiiv
Mikroprotsessor			
Temperatuuriandur			
Rõhuandur			
Transiiver			
Võimsus			

**Õnn kaasa!**

## → Lingid

Teave selle kohta, kuidas termistor töötab:

<https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor>

Teave rõhuanduri põhimõtete kohta: [https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure\\_sensor](https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensor)

Teave Piesoresistiivse efekti kohta:

[https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoresistive\\_effect](https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoresistive_effect)

Sissejuhatus teooria pingejaguri teooriasse ja kuidas seda kokku

panna: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-dividers>

Teave Arduinol olevate digitaalsete viikude kohta: <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>

Juhend jootmiseks:

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-solder-through-hole-soldering>

MPX4115A rõhuanduri andmeleht:

<http://www.farnell.com/datasheets/8723.pdf>

Adafruit ja Sparkfun on kaks veebisaiti, mis pakuvad CanSat põhimissiooni jaoks sobivaid andureid ja komponente:

<https://www.adafruit.com/categories>

<https://www.sparkfun.com/>

STL-failid CanSati korpuse 3D printimiseks:

[http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/3d\\_printer\\_files\\_for\\_Cansat\\_case.zip](http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/3d_printer_files_for_Cansat_case.zip)