



**MEHHATROONIKAINSTITUUT**

Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

MHE40LT

**Jevgeni Sultanov**

**Sõrmejäljelugejaga luku projekteerimine**

Autor taotleb tehnikateaduse bakalaureuse akadeemilist kraadi

Tallinn 2015

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Alina Sivitski juhendamisel

“.....” ..... 2015 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....” ..... 2015 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” ..... 2015 a.

..... allkiri

TTÜ mehhatroonikainstituut  
Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

**BAKALAUREUSETÖÖ ÜLESANNE**

2014 aasta sügissemester

Üliõpilane: Jevgeni Sultanov 093335  
Õppekava: MAHB 02/09-Mehhatroonika  
Spetsialiseerumine: Mehhatroonika  
Juhendaja: Assistent PhD Alina Sivitski  
Konsultandid:

**BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:**

(eesti keeles) **Sõrmejäljelugejaga luku projekteerimine**  
(inglise keeles) **Fingerprint Door Lock Development**

**Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:**

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Ülesande püstitus. Turu analüüs - olemasolevate sõrmejäljelugejaga lukkude eeliste ja puuduste analüüs. Luku tehniliste parameetrite defineerimine sh luku identifitseerimise viiside defineerimine.	01.09.2014
2.	Luku mehaaniliste komponentide ja korpuse kuju valik. Luku osade materjali valik ja konstruktsioon. Luku paigaldamise mugavus.	20.09.2014
3.	Sõrmejäljelugeja valik. Luku juhtimine, andmete kuvamise, kogumise ja vahetamise süsteemi projekteerimine. Luku toitesüsteemi projekteerimine. Ohutusaspektide käsitlemine ja majanduslik analüüs.	01.10.2014
4.	Tehniliste kooste- ja detaili jooniste koostamine.	11.04.2014
5.	Töö lõppvormistus, trükkimine ja köitmine.	20.12.2014

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:** Töö eesmärgiks on projekteerida majandusotstarbekas ja töökindel sõrmejäljelugejaga lukk. Töö alguses analüüsitakse sõrmejäljelugejaga lukkude eelised ja puudused ja defineeritakse projekteeritava luku tehnilised parameetrid. Töö mehaanikaosas valitakse luku mehaanilised komponendid ja korpuse kuju, pakutakse vajalikud mudelid ja tehnilised joonised. Luku korpuse valikul lähtutakse paigaldamismugavuse nõudest. Elektroonika- ja juhtimise osas teostatakse sõrmejäljelugeja valik, projekteeritakse luku juhtimissüsteem: andmete kuvamise, kogumise ja vahetamise süsteem. Analüüsitatakse toitesüsteemi võimalusi ja valitakse optimaalseim luku toide. Töös käsitletakse ka ohutuse aspekte ja esiatatakse lahenduse majanduslik analüüs.

**Töö keel:** eesti

Kaitsmistootlus esitada dekanaati hiljemalt 17.12.2014 **Töö esitamise tähtaeg** 06.01.2015

**Üliõpilane** Jevgeni Sultanov /allkiri/ ..... kuupäev.....

**Juhendaja** Alina Sivitski /allkiri/ ..... kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel.

# SISUKORD

<b>SISUKORD</b> .....	<b>4</b>
<b>SISSEJUHATUS</b> .....	<b>5</b>
<b>PÕHIOSA</b> .....	<b>6</b>
1. TURU ANALÜÜS.....	6
1.1. Tehnilised parameetrid.....	7
2. KORPUSE VALIK.....	8
2.1. Korpuse tehnilised parameetrid.....	8
3. LUKU VALIK.....	9
3.1. Mehaanilised lukud.....	9
3.2. Koodiga lukud.....	10
3.3. Elektroonilised lukud.....	10
4. ELEKTROMAGNETLUKK.....	12
4.1. Hoidejõudu arvestus.....	14
4.2. Relee tööpõhimõte.....	18
4.3. Eneseinduksioon ja jääkmagneetumus.....	19
5. SÕRMEJÄLJELUGEJA.....	20
5.1. Mooduli FPC-AM tehnilised karakteristikud.....	21
5.2. Andur FPC1011C.....	21
5.3. Protsessorplaat FPC5610.....	21
5.4. Sõrmejäljelugeja ühendamise.....	22
5.5. Anduri tööiga.....	23
6. SÕRMEJÄLJELUGEJA JUHTIMINE.....	24
6.1. Tarkvara arenduse komplekt.....	25
6.2. Juhtimiskäskude loetelu.....	26
7. SÕRMEJÄLJELUGEJAGA LUKU SÜSTEEMI TOIDE.....	27
7.1. Võrgutoiteallikas.....	27
7.2. Autonoomne toiteallikas.....	29
7.3. Voolu tarbimine ja akupatarei tööiga.....	29
8. SÕRMEJÄLJELUGEJAGA LUKU OHUTUS.....	30
9. MAJANDUSLIK ARVESTUS.....	30
<b>KOKKUVÕTE</b> .....	<b>31</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>32</b>
<b>KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU</b> .....	<b>33</b>
<b>LISAD</b> .....	<b>35</b>

## SISSEJUHATUS

Diplomitöö eesmärgiks on projekteerida sõrmejäljelugejaga lukk, mida võib kasutada kontorites, tootmis-, meditsiini- ja haridusasutustes. Enne töö alustamist viidi läbi turuanalüüs olemasolevate seadmete eeliste ja puuduste tuvastamiseks. Turuanalüüsi põhjal formuleeriti projekteeritava luku tehnilised parameetrid ja sellele esitatavad nõuded.

Esimesel etapil valitakse korpuse tüüp, kuhu asetseb kogu lukusüsteem - kirjeldatakse parameetrid ja kasutatud materjal. Järgmiseks tuvastatakse luku tüüp, viiakse läbi vajalikud arvutused. Eelistatav on kasutada elektromagnetilist lukku. Vaadeldakse lisa seadmeid, mis kõrvaldaksid solenoidi ja relee töös tekkivaid vigu. Järgmiseks valitakse sõrmejäljelugejat. Kirjeldatakse selle eeliseid, komponente ja tehnilisi andmeid. Vaadeldakse juhtimissüsteemi, kirjeldatakse funktsioone ja kasutusvõimalusi. Lahendatakse skanneri ühendamise probleem. Kirjeldatakse skanneri juhtimiskäsku. Skanneri ja inimese vahel toimub informatsiooni vahetus käsuliidese kaudu. Järgmine etapp on toide valik kogu süsteemi jaoks. Analüüsitakse akupatarei tööiga ja täissüsteemi voolu tarbimine. Viiakse läbi tööohutuse analüüs. Kokkuvõttes viiakse läbi projekteeritava seadme ja selle komponentide majanduslik arvestus.

# PÕHIOOSA

## 1. Turu analüüs

Turu analüüs viidi läbi **Google**'i otsisüsteemi abil. Päringud nagu “*fingerprint electromagnetic door lock*” ja “*sõrmejäljelugejaga elektromagnetluk*” näitavad erinevate kaupade suurt kogust – skanerid või lukud. Esineb huvitavaid valmisseedmeid, näiteks, biomeetriline kodu ukسلukk Trinity-788 või mitmefunktsionaalne biomeetriline terminaal ST-FT680EM.



Sele 1.1. Ukselukk Trinity-788 [1].



Sele 1.2. Terminaal ST-FT680EM [2].

Sarnased pakkumised leiti internet-oksjonitel Hiina tootjalt. Nemad pakuvad juba valmiskomplekte kokkupanemiseks. Näiteks:



Komplektis on:

Sõrmejäljelugeja: 1000 sõrmejäljed

Elektromagnetluk: 280 kg, kaal 4 kg

Toite juhtimissüsteem: 0,8 A

Magnetahela katkestamise nupp

Juhtimispuul

Kasutajajuhend

Hind: 166 €

Sele 1.3. Valmiskomplekt omakokkupanekuks [3].

Sellised komplektid ei sobi projekteeritava seadise jaoks, sest:

- Sõrmejäljelugeja peab olema kompaktsem.
- Elektromagnetluku hoidejõud ja kaal on suured.
- Suur elektrienergia kulu.
- Reservtoiteallikat ei ole.
- Üks funktsioon inimeste tutvustamiseks.
- Suur hind.

### 1.1. Tehnilised parameetrid

Niimodi formuleeritakse projekteeritava luku tehnilised nõuded:

- Elektromagnetlukk:  
Kompaktne, väikse kaaluga.  
Hoidejõud ~500 N (50 kg)
- Sõrmejäljelugeja:  
Ergonoomiline ja kompaktne.  
Võimalus muuta sõrmejäljelugeja parameetreid ja andmeid.  
Lihtne paigaldus.
- Elektritoide 12 V DC (*Direct Current*):  
Peaallikas: Vooluvõrk 220 V  
Reservallikas: Akupatarei 12 V

## 2. Korpuse valik

Sõrmejäljelugejaga lukk on miniatuurne seadis, mis sobib erinevatele korpustele piiratud juurdepääsuga. Näiteks, kapi, seifi või ukse jaoks. Eeldame, et korpused on tavaline arhiivikapp metallist [4].



Sele 2.1. Arhiivikapp [4].

### 2.1. Korpuse tehnilised parameetrid

Mõõdud	800 × 400 × 1800 mm
Sügavus	355 mm
Korpuse metalli paksus	0,6 mm
Uste arv	2
Uste metalli paksus	0,7 mm
Riiulite arv	4
Riiuli maksimaalne koormus	50 kg

Tabel 2.1. Arhiivikapi parameetrid [4].



### 3. Luku valik

Praeguseks on leiutatud mitmesuguseid lukuid. Põhimõtteliselt neid jaotatakse seadme tüübi järgi - **mehaanilised** (lukuraamid ja silindrilised), **koodiga** (elektroonilised ja mehaanilised) ja **elektroonilised** (elektromagnetilised ja elektromehaanilised). Võib esile tõsta iga luku tüübi eelised ja puudused [5]:

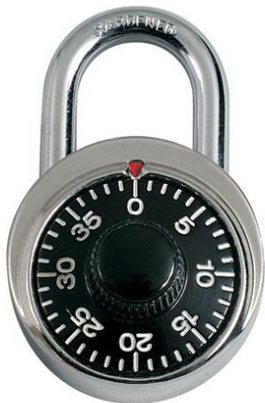
#### 3.1. Mehaanilised lukud



Sele 3.1. Mehaaniline lukuraam [6] ja silindriline lukk [7].

- Võetakse lahti võtmega.
- Ei ole võimalust ühendada juhtimisseadmega.
- Alluvad füüsilisele sissemurdmisele.
- Raskesti remonditavad.
- Ei sõltu elektritoitest.

### 3.2. Koodiga lukud



Sele 3.2. Koodiga lukud [8] ja [9].

- Võetakse lahti konkreetse koodiga.
- On võimalus ühendada juhtimisseadmega.
- Alluvad füüsilisele sissemurdmisele.
- Raskesti remonditavad.
- Ei sõltu elektritoitest.

### 3.3. Elektroonilised lukud



Sele 3.3. Elektromehaaniline [10] ja elektromagnetiline [11] lukud.

- Võetakse lahti juhtimissignaali.
- On võimalus ühendada juhtimisseadmega.
- Raskelt alluvad füüsilisele sissemurdmisele.
- On lihtne remontida.
- Sõltuvad elektritoitest.

Proekteerimise nõudmiste ja ekspluatatsiooni tingimuste arvestades, langes valik **elektromagnetlukule**. See on elektroniluku teisend, sest tal on suur edumaa teiste lukustusseadiste eest:

- On lihtne konstruktsioon.
- Komponentide ülesütlemise ohutu.
- Lihtne paigaldus pinnale.
- Võimalik juhtimisseadmetega ühendada.
- On lihtne remontida.
- Madal omahind.

Turg pakub valmis elektromagnetlukkude suurt ja mitmesugust valikut, mis erinevad konstruktsiooni, hoidejõu ja hinna poolest.

Näiteks, elektromagnetlukk **ML-M180** Ameerika tootjalt *MagLock*:

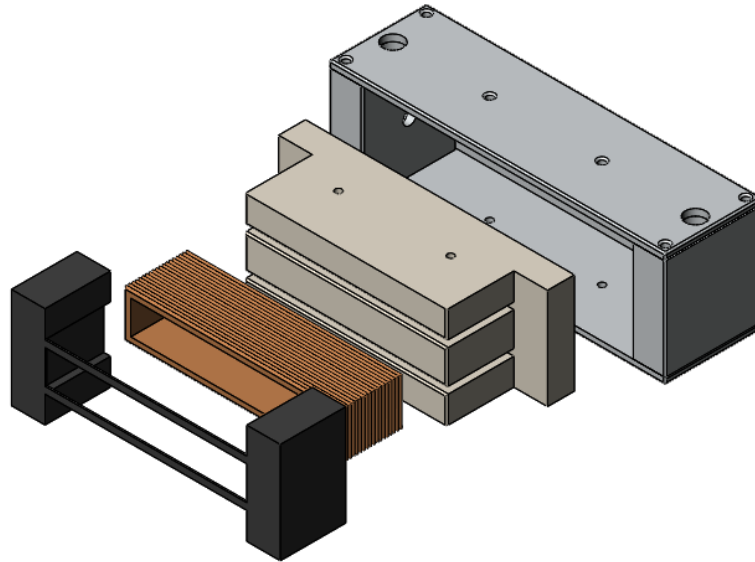


Hoidejõud: 180 kg  
Mõõdud: 170 × 38,5 × 21 mm  
Toide: 12 V DC  
Voolu tarbimine: 0,3 A  
Kaal: 1,07 kg  
Hind: 20 €

Sele 3.4. Elektromagnetluku ML-M180 tehnilised parameetrid [12].

## 4. Elektromagnetlukk

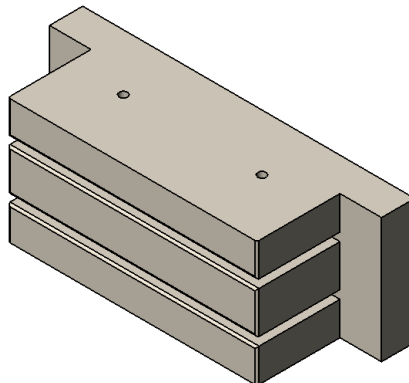
Elektromagnetlukk koosneb ferromagnetsüdamikust ja vaskmähisest, moodustades solenoidi, mis on paigutatud metallkorpusesse. Samuti metallkorpuse sees asetatakse kahesuunaline diod ja kondensaator. Elektromagnetluku juhtimist teostatakse rele abil [13].



Sele 4.1. Luku komponentide mudel.

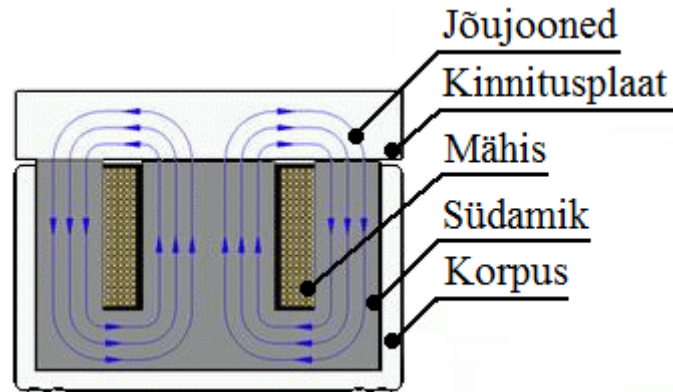
Elektromagnetluku tööõhimõte seisneb selles, et toite väljalülitamisel see avaneb, toite taastamisel aga sulgub.

- Ferromagnetsüdamik on tehtud omavahel kokkukeevitatud nikkelpaatidest, kuna monoliitsel südamikul on lühike tööiga. Nikkel on ferromagnetmetall erineva magnetilise läbitavusega, mis mõjub kinnitusplaadi hoidejõudu.



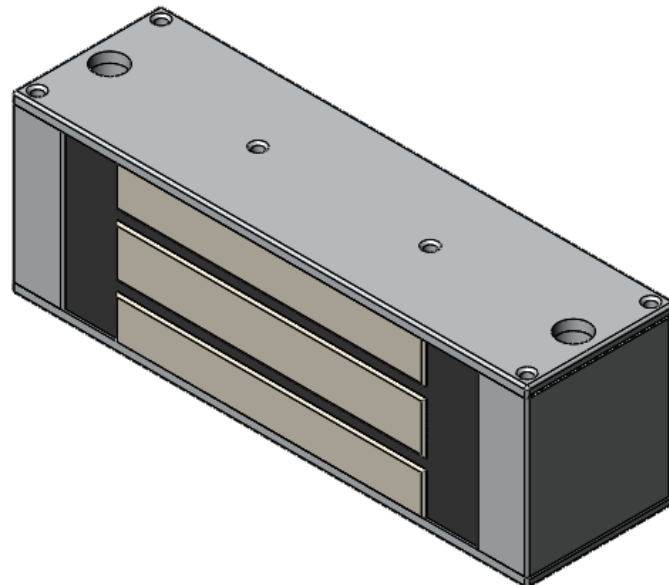
Sele 4.2. Nikkelferromagnetsüdamiku mudel.

- Solenoidi mähis koosneb ümara ristlõikega vasktraadist ruudukujuliste keerdudega. Pingestamisel tekib mähises elektrivool, mis tekitab ferromagnetsüdamikus elektromagnetvälja. Magnetväli tõmbab kinnitusplaat, mis paigaldatakse vastasobjekti pinnal.



Sele 4.3. Luku tööprintsip [13].

- Kahesuunaline diood ja kondensaator takistavad juhtrelee kiiret kulumist ja kinnihoidva jääkjõu teket.
- Luku korpus on valmistatud alumiiniumist ja sellel on elemendid kapi külge kinnitamiseks.



Sele 4.4. Elektromagnetluku mudel.

## 4.1. Hoidejõudu arvestus

Elektromagnetluku peamiseks funktsiooniks on kapi uste kinnihoidmine, mistõttu on tähtis teada, millist jõudu on vaja rakendada magnetahela katkestamiseks. Et kontrollida, kas uks on avatud, rakendab inimene umbes **10 – 20 kg** jõudu. Luku füüsikaliste omaduste arvutus algab vasktraadi parameetrite väljaarvutamisest. Eeldame, et solenoidi mähis koosneb **d = 0,25 mm** läbimõõduga vaskjuhtmest [14], sellisel juhul on keeru ristlõikepindala võrdne:

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,1416 \cdot 0,25^2}{4} \approx 49,1 \cdot 10^{-9} \text{ m}^2$$

S – keeru ristlõikepindala, m<sup>2</sup>

d – keeru läbimõõt, m

π – Pii konstant (3,1416)

Kuna vaskmähise keerul on külgedega **a = 60 mm** ja **b = 10 mm** ristküliku kuju, on juhtme üldpikkus võrdne ühe keeru übermõõduga, mis on korrutatud keerdude arvuga:

$$l = 2 \cdot (a + b) \cdot N = 2 \cdot (60 + 10) \cdot 620 \cdot 10^{-3} = 86,8 \text{ m}$$

l – juhtme üldpikkus, m

a – keeru pikkus, m

b – keeru kõrgus, m

N – mähise keerdude arv

Arvestades, et vase eritakistus **ρ = 17 · 10<sup>-9</sup> Ω · m**, leitakse solenoidi mähise kogutakistus järgmise valemiga:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} = 17 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{86,8}{49,1 \cdot 10^{-9}} \approx 30 \text{ } \Omega$$

R – solenoidi mähise kogutakistus, Ω

ρ – vase eritakistus, Ω · m

l – vaskjuhtme üldpikkus, m

S – keeru ristlõikepindala, m<sup>2</sup>



Eeldame, et pinge ahelas  $U = 12 \text{ V}$ . Lähtudes Ohmi seadusest on elektromagnetluku poolt tarbitav vool võrdne solenoidi mähise kogutakistusega jagatud elektrilise pingega:

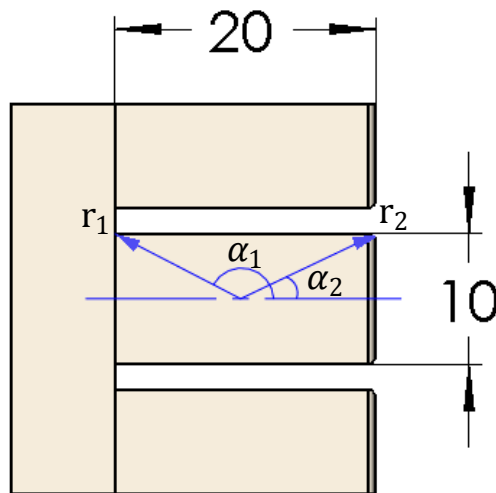
$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{30} = 0,4 \text{ A}$$

$I$  – voolutugevus, A

$U$  – pinge, V

$R$  – solenoidi mähise kogutakistus,  $\Omega$

Lõppsolenoidi magnetvälja tugevus leitakse solenoidi telje ja raadiusvektorite vaheliste nurkade  $\alpha_1$  ja  $\alpha_2$  määramise abil [15]:



Sele 4.5. Lõppsolenoidi arvutuse skeem (südramiku külgsaade).

$$\alpha_2 = \arctan \frac{b}{a} = \arctan \frac{10}{20} \approx 26,57^\circ$$

$$\alpha_1 = 180^\circ - \arctan \frac{b}{a} = 180^\circ - 9,46^\circ \approx 153,43^\circ$$

$$H = \frac{I \cdot N}{2 \cdot L} (\cos \alpha_2 - \cos \alpha_1) = \frac{0,4 \cdot 620}{2 \cdot 20 \cdot 10^{-3}} (0,89 - (-0,89)) = 11036 \text{ A/m}$$

$H$  – lõppsolenoidi magnetvälja tugevus, A/m

$I$  – voolutugevus, A

$N$  – mähise keerdude arv

$L$  – lõppsolenoidi pikkus, m

$\alpha_2$  – solenoidi telje ja raadiusvektorite  $r_2$  vaheliste nurk,  $^\circ$

$\alpha_1$  – solenoidi telje ja raadiusvektorite  $r_1$  vaheliste nurk,  $^\circ$



Arvestades, et magnetvälja tugevusest sõltuv nikli magnetiline läbitavus  $\mu(\mathbf{H}) = 60$  ning magnetkonstant  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ H/m}$ , leitakse solenoidi magnetiline induksioon järgmise valemiga:

$$B = H \cdot \mu(\mathbf{H}) \cdot \mu_0 = 11036 \cdot 60 \cdot 4 \cdot 3,1416 \cdot 10^{-7} = 0,83 \text{ T}$$

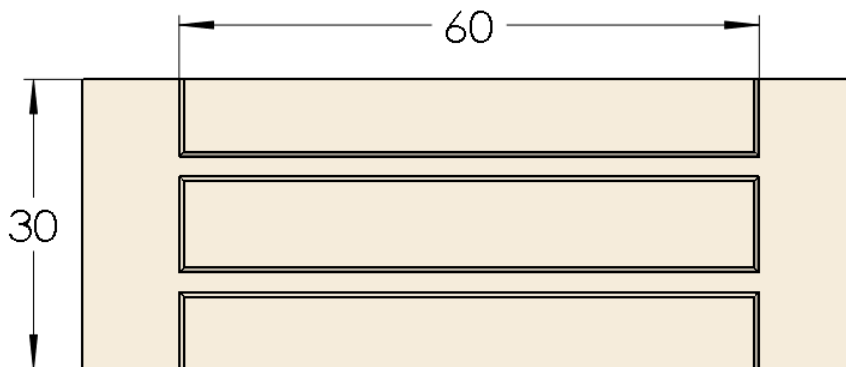
$B$  – solenoidi magnetiline induksioon, T

$H$  – lõppsolenoidi magnetvälja tugevus, A/m

$\mu(\mathbf{H})$  – magnetiline läbitavus

$\mu_0$  – magnetkonstant, H/m

Kinnitusplaadi ja elektromagnetluku pinna kontaktpindala on võrdne külgede korrutisega, kui  $a' = 60 \text{ mm}$  ja  $b' = 30 \text{ mm}$ :



Sele 4.6. Kinnitusplaadi ja elektromagnetluku pinna kontaktpindala (südameku otsevaade).

$$S' = a' \cdot b' = 60 \cdot 30 \cdot 10^{-6} = 1800 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$S'$  – kinnitusplaadi ja elektromagnetluku pinna kontaktpindala,  $\text{m}^2$

$a'$  – kinnitusplaadi pikkus, m

$b'$  – kinnitusplaadi kõrgus, m

Järelikult on minimaalne jõud, mida on vaja rakendada magnetahela katkestamiseks:

$$F = \frac{B^2 \cdot S'}{2 \cdot \mu_0} = \frac{0,83^2 \cdot 1800 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 4 \cdot 3,1416 \cdot 10^{-7}} \approx 493,38 \text{ N}$$

$F$  – jõuhulk magnetahela katkestamiseks, N

$B$  – solenoidi magnetiline induksioon, T

$S'$  – kinnitusplaadi ja elektromagnetluku pinna kontaktpindala,  $\text{m}^2$

$\mu_0$  – magnetkonstant, H/m

Arvestades, et **1 N** Maa pinnal on ligikaudu võrdne **0,102 kg**, on magnetahela katkemisjõud:

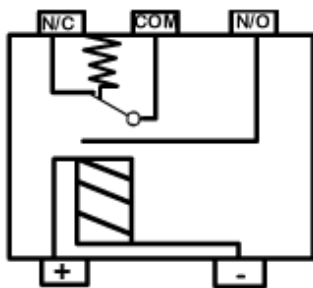
$$F = 493,38 \cdot 0,102 \approx 50,32 \text{ kg}$$

Kuna elektromagnetlukk paikneb kapi kahe ukse keskpaigas, võib välja arvutada ühe ukse kinnihoidmisjõu:

$$F = \frac{50,32}{2} \approx 25 \text{ kg}$$

## 4.2. Relee tööpõhimõte

Relee on elektromagnetluku juhtelemendiks ja see vastutab toite andmise reguleerimise eest.



**N/C** – *Normally Closed*. Relee suletud olek.

**COM** – *Common*. Ühine kontakt ankruga.

**N/O** – *Normally Open*. Relee avatud olek.

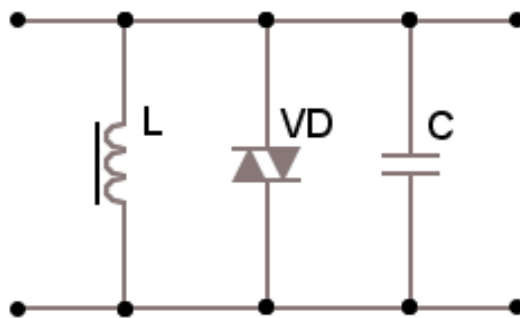
Pluss ja miinus vastutavad induktori toite eest.

Sele 4.7. Relee konstruktsioon [16].

Vaikimisi ühendatakse ühine kontakt **COM** toiteallikaga ja on asendis **N/C**. Kui induktiivpoolis puudub vool on relee suletud olekus. Signaali saamisel pooliga ahel sulgub, kontakt **COM** läheb asendisse **N/O** ja relee lülitub ümber avatud olekusse. Seega kaob elektromagnetluku magneetumus ja järelkult ka kapi ukse hoidejõud [16].

### 4.3. Eneseinduktsioon ja jääkmagneetumus

Lihtsustatud kujul on elektromagnetlukk ferromagnetsüdamikuga induktiivpool **L**. Elektromagnetluku toite väljalülitamisel tekib eneseinduktsiooni nähtus, mille korral sumbuv vool jätkab endises suunas liikumist. Eneseinduktsioon põhjustab omakorda järsku pinge tõusu ahelas, mis kiirendab juhtreele kulumist. Seetõttu paigaldatakse elektromagnetluku skeemi kahesuunaline kaitsedioid **VD**, mis summutab lühiajalisi pingehüppeid.



Sele 4.8. Elektromagnetluku lisa komponentidega elektriskeem.

Ahela lahutamisel tekib ferromagnetsüdamikus jääkmagneetumus ning selle tulemusena kinnihoidev jääkjõud. Selle efekti kõrvaldamiseks paigaldatakse elektromagnetluku skeemi kondensaator **C** (**220 – 1000  $\mu\text{F}$ , 25 V**), mis koos induktiivpooliga **L** moodustab võnkekontuuri. Seega tekivad harus **LC** sumbuvad võnkumised, mis tunduvalt vähendavad kinnihoidvat jääkjõudu [13].

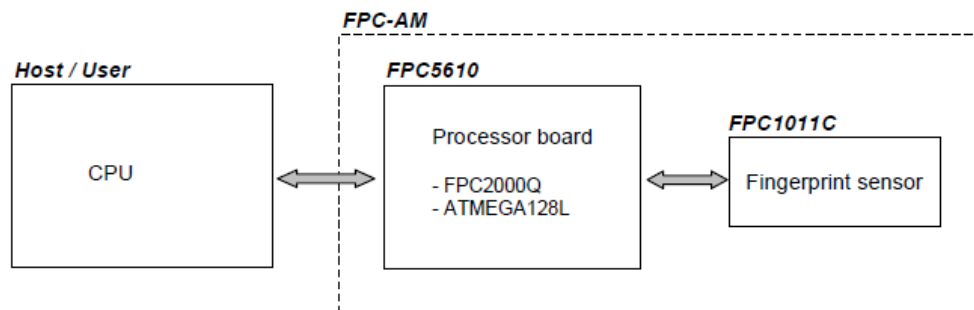
## 5. Sõrmejäljelugeja

Sõrmejäljelugeja on biomeetriline isikutuvastussüsteem. Selle ülesanneteks on sõrmejälgede skaneerimine ja saadud informatsiooni töötlemine. Sellise lugeja väljatöötamine on kõrgtehnoloogiline ja kõrgtäpne protsess, mistõttu langes valik Rootsi tootja valmiseadmele **FPC-AM** (*Area Module*) firmalt *Fingerprints*.



Sele 5.1. FPC-AM Area Sensor Module ja tema komponendid [17].

See sõrmejäljelugeja on ergonoomiline moodulseade, mis koos kapi lukustussüsteemiga moodustab piiratud juurdepääsuga luku. Teistest eristavad seda madal hind, kasutamise lihtsus ja vajalik funktsionaal. Antud skanner loeb kõrgtäpse daktüloskoopilise pildi ja genereerib sellest šabloon, paigutades selle sisseehitatud välkmälusse. Võimalik on lisada mälu šabloone teiste seadmete abil. Lisaks sellele on antud seadmel spetsiaalne väliskate, mis ei võimalda sõrmevajutusega plaati vigastada ning kaitseb elektrostaatilisest laaduse eest. Lugeja koostisosadeks on andur **FPC1011C** ja protsessorplaat **FPC5610**. Kahe komponendi vaheline side toimub lintkaabli abil. Side mooduli ja inimese vahel toimub käsuliidese **UART** (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*) kaudu. Võimalik on saata kaugkäsk, ühendades sõrmejäljelugeja otse juhtarvutiga (*host*).



Sele 5.2. FPC-AM ja tema komponendid [17].

## 5.1. Mooduli FPC-AM tehnilised karakteristikud

Šabloonide arv mälus	188
Kontrollimisaeg	0,5 s
Tuvastusaeg	1 s
Šablooni registreerimise aeg	5 s
Keeldumiste arv	Valitav
Tunnustamiste arv	Valitav
Toide	3,3 V DC
Voolu tarbimine	0,1 A
Kaitse staatilise elektri eest	> 15 kV
Kulumine	> 1 miljon tsükli

Tabel 5.1. Mooduli parameetrid [17].

## 5.2. Andur FPC1011C

Andur **FPC1011C** on miniatuurne ja ergonoomiline seadis. Anduri mikroskeem põhineb mahtuvustehnoloogial, mis kasutab mõõtmisteks takistusmeetodit. Kõrgekvaliteetse daktüloskoopilise ülesvõtte saamiseks on oluline, et andur oleks õigesti paigaldatud.

## 5.3. Protsessorplaat FPC5610

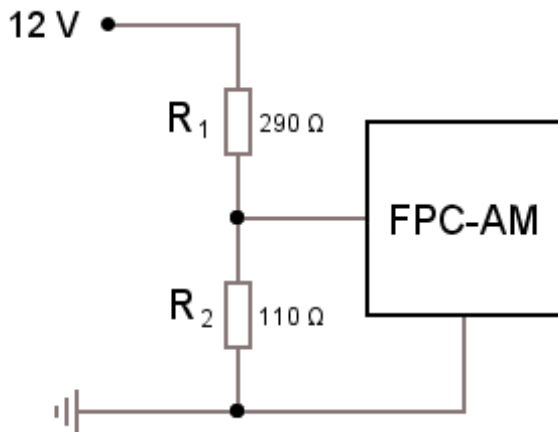
Protsessorplaat **FPC5610** koosneb eriotstarbelisest integraalskeemist **FPC2000Q** ja AVR mikrokontrollerist **ATmega128L**:

- Integraalskeem **FPC2000Q** on spetsiaalselt välja töötatud kõigi biomeetrilise tuvastamisega seotud operatsioonide jaoks.
- Mikrokontroller **ATmega128L** vastutab välise side eest inimese ja lugeja vahel. Sellel on sisseehitatud **128 KB** välmälu, kuhu salvestatakse genereeritud daktüloskoopilised šabloonid.

## 5.4. Sõrmejäljelugeja ühendamine

Tehnilistest karakteristikutest lähtudes tuleb mooduli jada ühendamiseks kapi toitesüsteemiga alandada pinget  $12\text{ V} \rightarrow 3,3\text{ V}$ , seejuures ei tohi voolutugevuse väärtus ületada **200 mA**.

Seda on võimalik teha pingejaguri abil:



Pingejagur kujutab endast kahte jadamisi ühendatud takistit  $R_1$  ja  $R_2$ , millel on ühine toiteallikas ja ühesugune voolutugevuse väärtus vastavalt Kirchhoffi esimesele reeglile. Neid on võimalik kujutada nagu kaks õlga, kus  $R_1$  on ülaõlg ja  $R_2$  on alaõlg [18].

Sele 5.3. Pingejaguri elektriskeem.

Tõestame, et sõrmejäljelugeja süsteemiga ühendamise protsessis midagi ei murdu:

$$R = R_1 + R_2 = 290 + 110 = 400\ \Omega$$

$R$  – elektriahela kogutakistus,  $\Omega$

$R_1$  – üleõla takistus,  $\Omega$

$R_2$  – alaõla takistus,  $\Omega$

Voolutugevus ei pea ületama maksimaalset väärtust:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{12}{400} = 0,03\text{ A} = 30\text{ mA}$$

$I$  – voolutugevus, A

$U$  – elektriahela kogupinge, V

$R$  – elektriahela kogutakistus,  $\Omega$

Pingelang kummalgi takistil on võrdne takistusega, kui voolutugevus on sama:

$$U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2$$

$U$  – elektriahela kogupinge, V

$U_1$  – pingelang esimesel takistusel, V

$U_2$  – pingelang teisel takistusel, V

Pingelang teisel takistusel on võrdne voolu ja takistuse korrutisega:

$$U_2 = IR_2 = 0,03 \cdot 110 = 3,3 \text{ V}$$

$U_2$  – pingelang teisel takistusel, V

$I$  – voolutugevus, A

$R_2$  – alaõla takistus,  $\Omega$

## 5.5. Anduri tööiga

Dokumentatsioonis on osutatud, et seadme ettenähtud kasutuskordade arv ületab **ühte miljonit**. Mooduli tööea väljaarvutamiseks eeldame, et seda kasutatakse iga 5 minuti järel.

Seega, 1 tunni jooksul:

$$\frac{60 \text{ min}}{5 \text{ min}} = 12 \text{ korda tunnis}$$

Tööpäev kestab 8 tundi, seega:

$$12 \cdot 8 = 96 \text{ korda päevas}$$

Kuus on maksimaalselt 22 tööpäeva:

$$96 \cdot 22 = 2112 \text{ korda kuus}$$

Aastas on ligikaudu 10 töökuud:

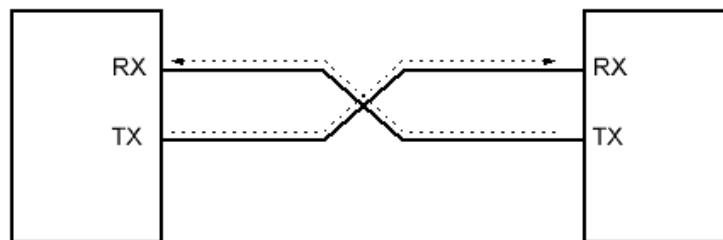
$$2112 \cdot 10 = 21120 \text{ korda aastas}$$

Järelikult on mooduli tööiga:

$$\frac{1000000}{21120} \approx \mathbf{47 \text{ aastat}}$$

## 6. Sõrmejäljelugeja juhtimine

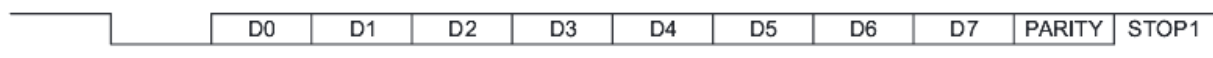
Sõrmejäljelugeja tarnitakse koos originaalpüsivaraga. Teiste programmide jaoks pole mälus kohta ette nähtud. Kogu suhtlus inimese ja lugeja vahel toimub tarkvara arenduse komplekti (*SDK*) ja käsuliidese UART kaudu. Käsuliides UART on füüsiline protokoll andmeedastuseks arvuti protsessori ja protsessorplaadi vahel digitaalliini mööda. Andmeedastuse tööliinideks on **TX** (*Transmitted Data*), mis saadab andmeid, ja **RX** (*Received Data*), mis võtab andmeid vastu.



Sele 6.1. Skemaatiline andmeedastus hosti ja protsessorplaadi vahel [19].

Andmeedastus toimub ühe biti kaupa ühesuguse ajaintervalliga ning seda mõõdetakse baudides. Kommunikatsiooni algust iseloomustab stardibiti, mis on alati võrdne loogilise nulliga. Andmeedastuse lõpule osutab eelviimane paaritusbitt ja viimane stoppbitt, mis on alati võrdne loogilise ühega. Käsuliides iseloomustatakse andmeedastuse formaadiga ja kiirusega [19].

Transmit/Receive for 8-bit data, parity Enable, 1 STOP bit



Sele 6.2. Andmeedastus biti kaupa [19].

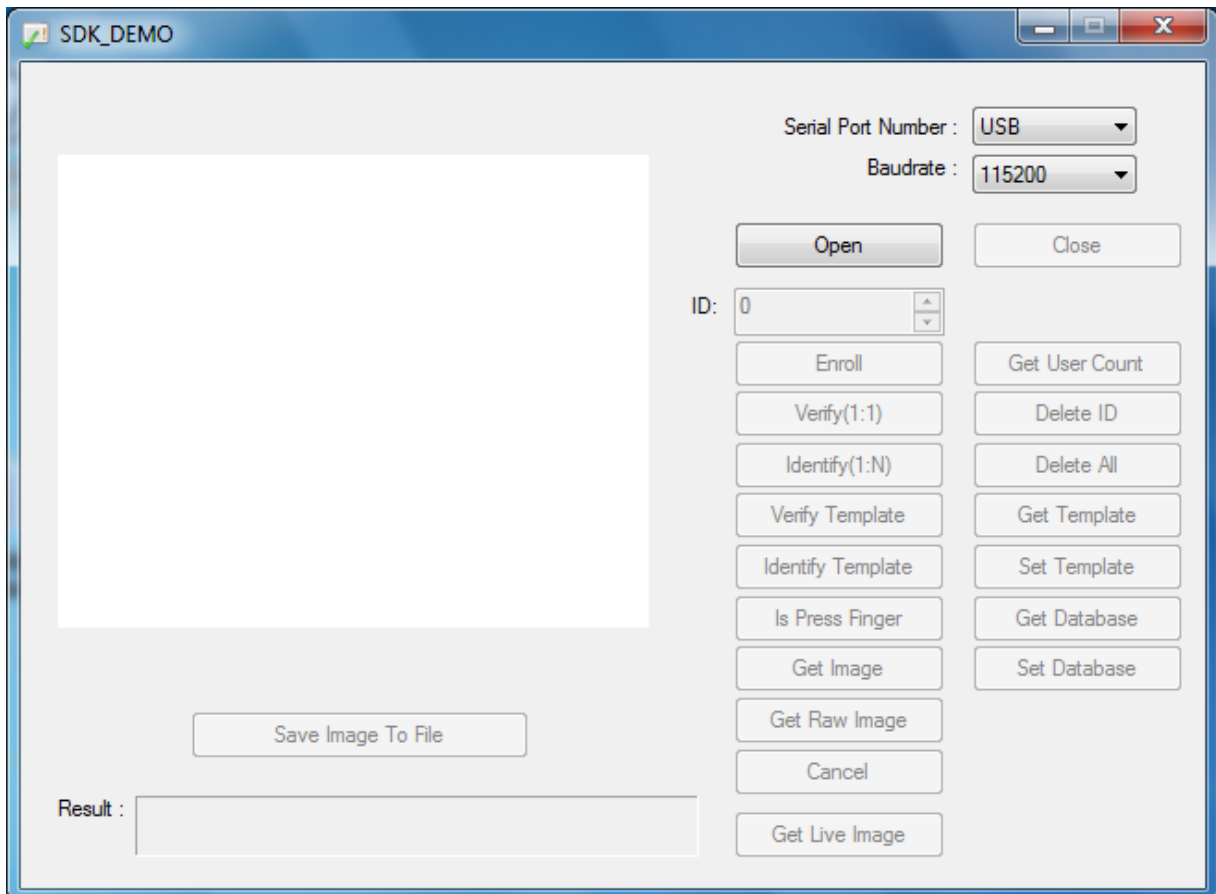
FPC-AM programmeerimiseadused [17]:

- Andmeedastuse kiirus: 9600 – 115200 baudid.
- Formaat: 8 bitti, paaritusbitt (*odd parity*), 1 stoppbitt.
- Andmeedastuse järjestus: noorem bitt esimesena.



## 6.1. Tarkvara arenduse komplekt

Sõrmejäljelugeja juhitakse juhtimiskäskudega. On võimalik kasutada iga tarkvara arenduse komplekt, mis on seotud skanneri juhtimisega.



Sele 6.3. Tarkvara sõrmejäljelugeja juhtimiseks [20].

Skanneri suhtlemiseks käsuliidese UART kaudu on vaja valida pordi number ja andmeedastuse kiirus. Siis omistatakse unikaalne identifikaator ja on võimalik saata juhtimiskäsk.

## 6.2. Juhtimiskäskude loetelu

Nupp	Juhtimiskäsk	Kirjeldus
Baudrate	API_SET_BAUD_RATE_RAM	Andmeedastuse kiiruse muutmine
Enroll	API_CAPTURE_AND_ENROL_RAM	Šablooni registreerimine
Verify	API_CAPTURE_AND_VERIFY_FLASH	Skaneerimine ja kontrollimine (1:1)
Identify	API_CAPTURE_AND_IDENTIFY_FLASH	Skaneerimine ja tutvustamine (1:N)
Verify template	API_VERIFY_FLASH	Šablooni kontrollimine
Identify template	API_IDENTIFY_FLASH	Šablooni tutvustamine
Is Press Finger	API_CAPTURE_IMAGE	Skaneerimine
Get Image	API_UPLOAD_IMAGE	Pildi üleslaadimine
Cancel	API_CANCEL	Juhtimiskäsu stopp
Delete ID	API_DELETE_SLOT_IN_FLASH	Šablooni eemaldamine
Delete All	API_DETELE_ALL_IN_FLASH	Kõikide šabloonide eemaldamine
Get Template	API_UPLOAD_TEMPLATE	Šablooni üleslaadimine
Set Template	API_DOWNLOAD_TEMPLATE	Šablooni allalaadimine

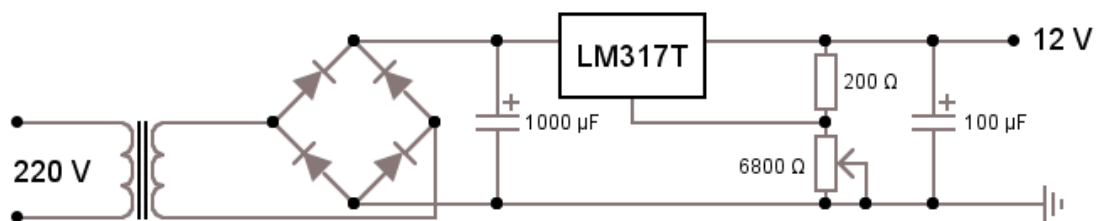
Tabel 6.1. Käskude loetelu [17].

## 7. Sõrmejäljelugejaga luku süsteemi toide

Kappi toitesüsteem peab olema katkematu, seetõttu ühendatakse elektromagnet lukk peamise võrgutoiteallikaga ning omab ka reservtoidet akumulaatorilt.

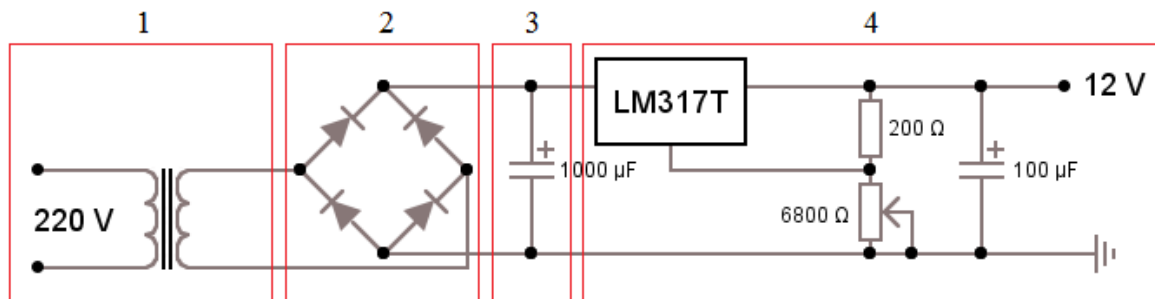
### 7.1. Võrgutoiteallikas

Võrgutoiteallikas (alaldi) on seade, mis muundab võrgu vahelduvpinge alalispingeks ja stabiliseerib selle [21].



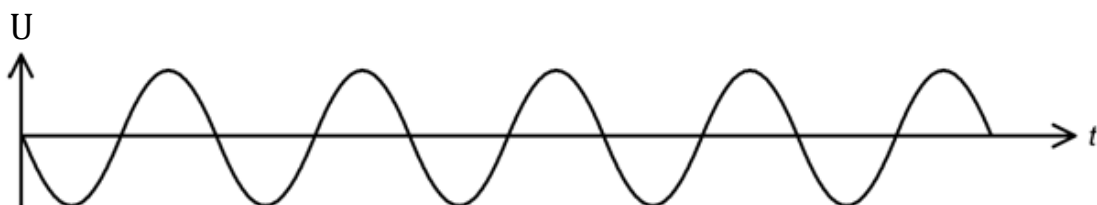
Sele 7.1. Võrgutoiteallika elektriskeem.

Funktsionaalsuse järgi jaotub skeem neljaks ploki:



Sele 7.2. Võrgutoiteallika nelja ploki elektriskeem.

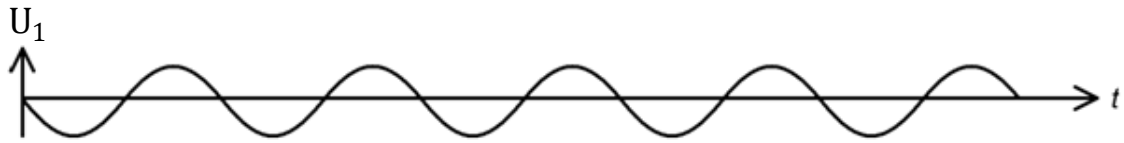
Tavalise võrgu vahelduvpinge:



Sele 7.3. Sisendpinge ajadiagramm.

- Alandav plokk.

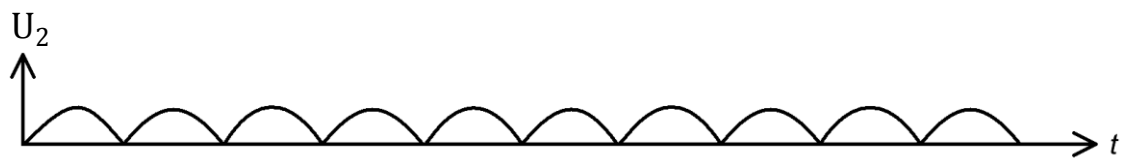
Võrgu vahelduvpinge alandatakse jõutrafo abil 220 V-lt 12 V-le.



Sele 7.4. Alandav ploki ajadiagramm.

- Alaldav plokk.

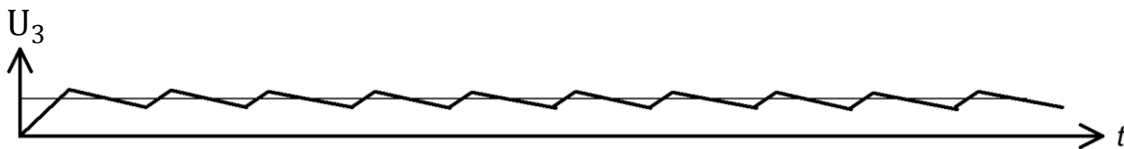
Toiteallika vahelduvvool muundatakse dioodsilla abil alalisvooluks.



Sele 7.5. Alaldav ploki ajadiagramm.

- Siluv plokk.

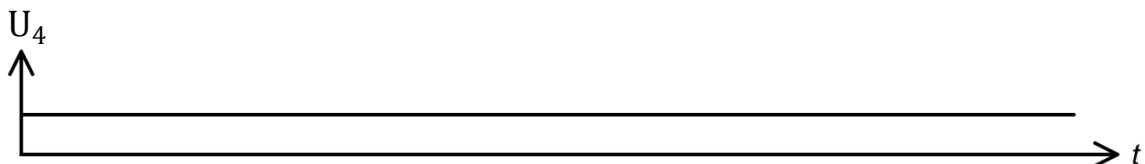
Kõrvaldatakse lüngad alaldi väljundpinge impulsside vahel.



Sele 7.6. Siluv ploki ajadiagramm.

- Stabiliseeriv plokk.

Skeemi on lisatud reguleeritav pingestabilisaator **LM317T**, mis hoiab pinget püsivana võrgupinge kõikumistest sõltumata.



Sele 7.7. Stabiliseeriv ploki ajadiagramm.

## 7.2. Autonoomne toiteallikas

Autonoomne toiteallikas on põhilisest toiteallikast sõltumatu alternatiivne toiteallikas. Võrgutoiteallika väljalülitumisel rakendatakse **12 V** akupatareiga reservsõlm. Autonoomse toiteallika peamiseks ülesandeks on süsteemi varustamine elektrienergiaga põhilisest toiteallikast sõltumatult, mistõttu on tähtis teada, kui pikaks ajaks akumulaator laengust piisab. Akupatarei täieliku tühjenemise aja arvutamiseks tuleb arvestada selle mahtvusomadusi ja kapi kõigi komponentide poolt tarbitavat elektrienergia kogust [22]:

$$t = \frac{C}{I}$$

$t$  – akupatareie tööaeg, t

$C$  – akupatareie mahtvus, A · t

$I$  – ühise voolu tarbimine, A

## 7.3. Voolu tarbimine ja akupatareie tööiga

Voolu tarbijad on:

- Sõrmejäljelugeja (aktiivne olek):  $I_S \approx 0,1 \text{ A}$
- Elektromagneetiline lukk (aktiivne olek):  $I_E \approx 0,4 \text{ A}$

Siis voolu kogutarbimine  $I_{\text{ü}}$ :

$$I_{\text{ü}} = I_S + I_E = 0,1 + 0,4 = 0,5 \text{ A}$$

$I_{\text{ü}}$  – voolu kogutarbimine, A

$I_S$  – voolu tarbimine sõrmejäljelugejaga, A

$I_E$  – voolu tarbimine elektromagnetlukuga, A

Eeldame, et nõutava akupatareie mahtvus  $C = 4000 \text{ mA} \cdot \text{t}$ , sellisel juhul kulub voolu kogutarbimise  $I = 0,5 \text{ A}$  juures patareie täielikuks tühjenemiseks:

$$t = \frac{4000 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 8 \text{ tundi}$$

## 8. Sõrmejäljelugejaga luku ohutus

- **Staatilised komponendid:**  
Kapi korpus on liikumatu ja vastupidav.  
Uksed avatakse füüsiliselt – minimaalne võimalus kehaosa vigastada.
- **Elektrotehnika:**  
Kõik juhtmed on kummiisolatsiooniga.  
Elektriseadmed paigutatakse plastkarpidesse.  
Remondi tööajal on kohustuslik täita elektriohutuse eeskirju.
- **Magnetväli:**  
Elektromagnetluku nõrk magnetväli on hetkeline, seetõttu see on ka ohutu [23].

## 9. Majanduslik arvestus

<b>Komponent</b>	<b>Hind (€)</b>	<b>Allikas</b>
Elektromagnetlukk: 12 V, 60 kg	16,85	www.ebay.com
Sõrmejäljelugeja: FPC-AM	21,17	www.ebay.com
Alaldi: 220 V AC ( <i>Alternate Current</i> ) → 12 V DC	9,14	www.ebay.com
Akupatarei: 12 V, 4000 mAh, Li-ion	10,67	www.ebay.com
Kokku	57,83	
Kokku arhiivikapiga (+160 €)	217,83	www.ajtooted.ee

Tabel 9.1. Arvestused.

## KOKKUVÕTE

Pärast projekteerimist võib märkida, et olid läbi arutatud niisugused põhiteemad, nagu korpusevalik, lukustusseade valik, juhtseade valik, komponentide kokkupanemine, süsteemi juhtimine ja elektritoitega ühendus.

Algselt lukud oli analüüsitud tüüpide järgi. Elektomagnetiline lukk ilmnas kõige sobilikum. Läbi arvestati magnetahela katkestamise jõudu, tekkinud kõrvalised efektid ja nende mahavõtmise viisid.

Mis puutub sõrmejäljelugeja kohta, siis siin oli valitud juba valmis otsus. Tuvastati, et skanner juhitakse UART käsuliidese kaudu ja programmeeritakse tarkvara abil. Oli vaja pingejagurit kasutada, et alandada pinget ja ühendada skanneri toiteallikaga. Tööga analüüs näitas, et seadis võib töötada asendajata väga kaua.

Luku projekteerimises kasutati kaks tüüpi toiteallikat: võrgu- ja autonoomsete. Arvestati reservtoite tööga ja lukustusüsteemi energiakulu.

Üldiselt, lukk on turvaline seade ja tema kasutamine ohtu ei tekita.

Majanduslikud arvestused ka näitasid, et lukustusüsteem on ligi kolm korda odavam, kui teised müüjad pakuvad.

Arvestades lahendatud ülesandeid ja arvutuste tulemusi on võimalik seda lukustusüsteemi kokku panna.

## SUMMARY

In the process of development main subjects like closet frame, locking and control devices, linkage, system control and power supply were considered.

Concerning the problem of frame choosing, it was found out that developed locking system is small enough and fits any type of closet.

Analyzing the composition of lock types resulted electromagnet lock to suit best. The confining force, which causes the lock and a plate attraction, was calculated. The problems of side effects like self-induction and retentivity were solved.

As for the fingerprint scanner, it was made a decision to use the complete solution because of its tiny size, necessary functionality and a low price. Composition, communication, control and supply questions were examined either. Wear-and-tear time was also figured out.

System power supply is provided by two sources of power – an AC adapter and accumulator battery. The current consumption by the whole locking system and the operating time of autonomous source of power were analyzed and confirmed.

In whole, the developed fingerprint door lock is completely safe and does not affect the user. Economic calculation showed that the locking system is more than three times cheaper than other similar offers.

Taking into account solved problems and all calculation results it is possible to develop fingerprint door lock.



## KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

1. Nibav Locks USA. DIY-3398 Biometric Fingerprint Door Lock [WWW] <http://www.nibav.in/fingerprint/trinity-788.htm> (10.01.2015).
2. Терминал ST-FT680EM [WWW] <http://www.smartec-security.ru/news/finger-prints-reader.htm> (10.01.2015).
3. Easybiz Door Access Control System Kit [WWW] <http://www.amazon.co.uk/Easybiz-Control-fingerprint-waterproof-electromagnetic/dp/B00JH94GVO#productDetails> (10.01.2015).
4. Arhiivikapp | AJ Tooted Eesti [WWW] <http://www.ajtooted.ee/ee/kapid/metallkapid/arhiivikapp/4035466-4833559.wf> (10.01.2015).
5. Phillips, B., The Complete Book of Locks and Locksmithing, McGraw-Hill, 2005.
6. МЕТТЭМ® 3В8 240.0.1-18 [WWW] <http://balashikha.all.biz/vreznoj-10-suvaldnyj-zamok-mettem-zv8-24001-18-g2029582> (10.01.2015).
7. Гид по дверям [WWW] <http://sdelaidver.ru/zamky/ustanovka-zamka-na-vhodnuyu-dver-99> (10.01.2015).
8. Кодовый замок ULTRA FORCE 10016 [WWW] [http://www.military.ru/item/Kodovyj\\_zamok\\_ULTRA\\_FORCE\\_10016/](http://www.military.ru/item/Kodovyj_zamok_ULTRA_FORCE_10016/) (10.01.2015).
9. Сфератрэйд - SL2000F [WWW] [http://www.secur.by/rus/catalogue/~group\\_id=54~id=1226](http://www.secur.by/rus/catalogue/~group_id=54~id=1226) (10.01.2015).
10. FE - 2370 - Электромеханический - Falcon EYE [WWW] [http://n-23.ru/catalogue/zamok\\_dlya\\_domofona/elektromehhanicheskii/i\\_734/](http://n-23.ru/catalogue/zamok_dlya_domofona/elektromehhanicheskii/i_734/) (10.01.2015).
11. Системы безопасности [WWW] <http://ksbservis.ru/skd.htm> (10.01.2015).
12. ML-M180 [WWW] [http://www.alpro.ru/component/option,com\\_virtuemart/page,shop.product\\_details/flypage.shop.flypage/category\\_id,13012/product\\_id,29946/Itemid,36/](http://www.alpro.ru/component/option,com_virtuemart/page,shop.product_details/flypage.shop.flypage/category_id,13012/product_id,29946/Itemid,36/) (10.01.2015).
13. Электромагнитные замки / Системы безопасности / НЗМИ ОЛЕВС [WWW] [http://www.olevs.ru/sistemy\\_bezopasnosti/category/elektromagnitnye\\_zamki/](http://www.olevs.ru/sistemy_bezopasnosti/category/elektromagnitnye_zamki/) (10.01.2015).
14. Бастанов, В., 300 практических советов, Московский рабочий, 1986.
15. Paesalu, J., Niitsoo, J., Kurik, L. Füüsika II: Praktikumi tööjuhendid, Tallinn : Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2010.

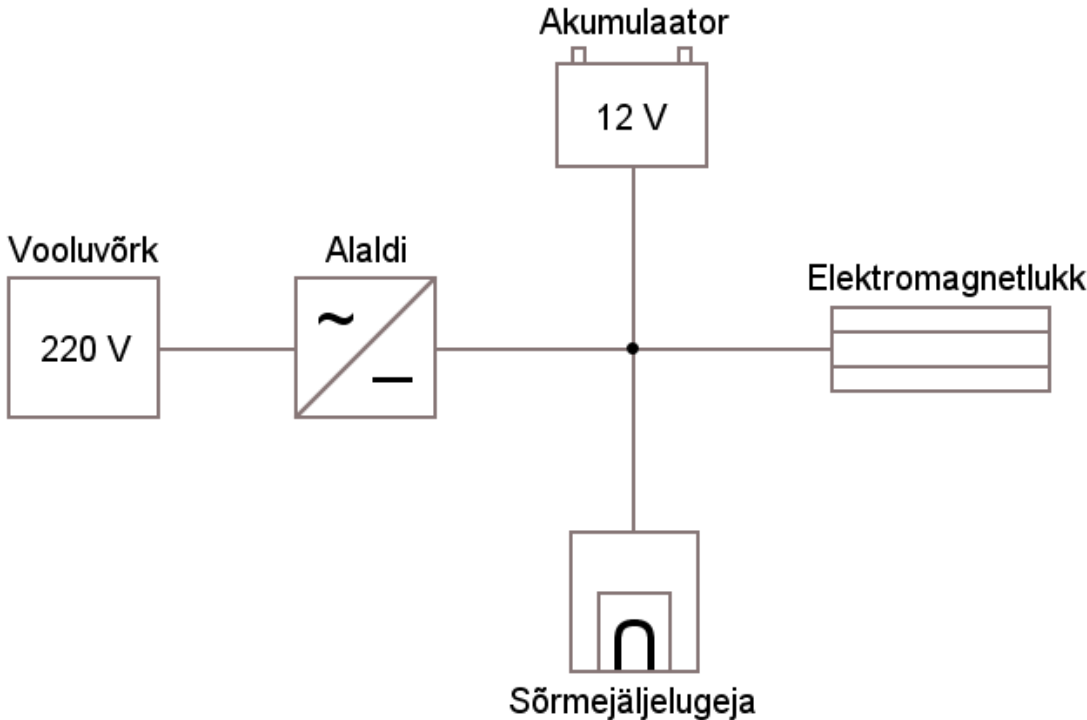
16. Реле и транзисторы [WWW] <http://microsin.net/adminstuff/hardware/relay-and-transistor-as-electronic-switches.html> (10.01.2015).
17. Fingerprints [WWW] <http://www.fingerprints.com/> (10.01.2015).
18. Voltage divider - Wikipedia, the free encyclopedia [WWW] [https://en.wikipedia.org/wiki/Voltage\\_divider](https://en.wikipedia.org/wiki/Voltage_divider) (10.01.2015).
19. AVR. Учебный курс. Передача данных через UART [WWW] <http://easyelectronics.ru/avr-uchebnyj-kurs-peredacha-dannyx-cherez-uart.html>
20. Fingerprint Scanner - TTL (GT-511C3) [WWW] [http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Biometric/GT-511C3\\_SDK\\_20130410.zip](http://dlnmh9ip6v2uc.cloudfront.net/datasheets/Sensors/Biometric/GT-511C3_SDK_20130410.zip) (10.01.2015).
21. ЦЕНТР НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ТВОРЧЕСТВА УЧАЩЕЙСЯ МОЛОДЕЖИ - Радиоконструкторский [WWW] <http://tsnttum.klasna.com/ru/site/radiokonstruktorskii.html> (10.01.2015).
22. Онлайн калькулятор: Время разряда аккумулятора в зависимости от тока нагрузки [WWW] <http://planetcalc.ru/2283/> (10.01.2015).
23. Жилье рядом с ЛЭП: стандарты безопасности, строительные нормативы [WWW] <http://www.bn.ru/articles/2013/03/05/102983.html> (10.01.2015).

## LISAD

### Lisa 1. Jalade loetelu protsessorplaadi arvutiga ühenduseks:

PIN	SIGNAL NAME	DESCRIPTION
J3:1	GND	Signal ground
J3:2	GND	Signal ground
J3:3	GND	Signal ground
J3:4	GPIO_3	<i>Future functionality</i>
J3:5	GPIO_2	<i>Future functionality</i>
J3:6	GPIO_1	<i>Future functionality</i>
J3:7	GPIO_0	<i>Future functionality</i>
J3:8	RD_N	<i>Future functionality</i>
J3:9	WR_N	<i>Future functionality</i>
J3:10	ALE	<i>Future functionality</i>
J3:11	RST_N	System reset, active low
J3:12	SPI_MISO	<i>Future functionality</i>
J3:13	SPI_MOSI	<i>Future functionality</i>
J3:14	SPI_SCK	<i>Future functionality</i>
J3:15	SPI_SS_N	<i>Future functionality</i>
J3:16	INT_N	Interrupt, falling edge
J3:17	UART_TX	Serial data output
J3:18	UART_RX	Serial data input
J3:19	VDD	Power supply 3.3 V
J3:20	VDD	Power supply 3.3 V

**Lisa 2. Elektritoite süsteemi skeem:**



### Lisa 3. Sõrmejäljelugejaga luku projekteerimine töö lihtlitsentsi vorm:

Rektori 27.02.2014 käskkirja nr 60 juurde

#### Lihtlitsents lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks ja reprodutseerimiseks

Mina \_\_\_\_\_ Jevgeni\_Sultanov \_\_\_\_\_ (autori nimi) (sünnikuupäev: 23.10.1990)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

\_\_\_\_\_ Sõrmejäljelugejaga\_luku\_projekteerimine \_\_\_\_\_

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on \_\_\_\_\_ Alina\_Sivitski \_\_\_\_\_,

(juhendaja nimi)

1.1. reprodutseerimiseks säilitamise ja elektroonilise avaldamise eesmärgil, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2. üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas TTÜ raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta kolmandate isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ja teistest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

\_\_\_\_\_ (allkiri)

\_\_12.01.2015\_\_ (kuupäev)

## **Lisa 4. Sõrmejäljelugejaga luku projekteerimine töö metaandmete vorm:**

Rektori 27.02.2014 käskkirja nr 60 juurde

### **METAANDMED**

Töö pealkiri (eesti keeles): Sõrmejäljelugejaga luku projekteerimine

Töö pealkiri (inglise keeles): Fingerprint door lock development

Autor: Jevgeni Sultanov

Juhendaja(d): Alina Sivitski

Kaitsmise kuupäev: 22.01.2015

Töö keel: est / eng / rus: eesti

Asutus (eesti keeles): TTÜ / TTÜ õppeasutus (nimi): Tallinna Tehnikaülikool

Asutus (inglise keeles): TTÜ / TTÜ õppeasutus (nimi): Tallinn University of Technology

Teaduskond (eesti keeles): Mehaanikateaduskond

Teaduskond (inglise keeles): Faculty of Mechanical Engineering

Instituut (eesti keeles): Mehhatroonikainstituut

Instituut (inglise keeles): Department of Mechatronics

Õppetool (eesti keeles): Mehhanosüsteemide komponentide õppetool

Õppetool (inglise keeles): Chair of Mechanosystem Components

Märksõnad /kui on/ (eesti keeles): Sõrmejäljelugeja, elektromagnetlukk

Märksõnad /kui on/ (inglise keeles): Fingerprint, electromagnetic lock

Õigused: juhul kui ligipääs on piiratud, siis sellekohane märkus