

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Infotehnoloogia teaduskond

Thomas Johann Seebecki elektroonikainstituut

IEE40LT

Taavi Karu 050528 IAEB

AUTOMATISEERITUD LIINISEISAKUTE REGISTREERIMISSÜSTEEMI ARENDAMINE ETTEVÖTTES STONERIDGE ELECTRONICS AS

Bakalaureusetöö

Juhendaja

Milko Milatškov

testi- ja automaatika grupi juht

Kaasjuhendaja:

Mihhail Pikkov

dotsent

Tallinn 2014

Autorideklaratsioon

Kinnitan, et olen koostanud antud lõputöö iseseisvalt ning seda ei ole kellegi teise poolt varem kaitsmisele esitatud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on töös viidatud.

Kuupäev:..... Allkiri:.....

Annotatsioon

Töös uuritakse võimalusi tootmistöö jälgimiseks ja seisakute registreerimiseks Stoneridge Electronics-i Tallinna tehases. Koostatakse prototüüpsüsteem ja jälgitakse sellega tootmistegevust mõne aja vältel.

Saadud tulemuste põhjal tehakse tootmisjaama töö analüüs. Ning pakutakse välja ka alternatiivne lahendus tootmisseisakute jälgimise realiseerimiseks.

Lõputöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 26 leheküljel, 4 peatükki, 15 joonist, 4 tabelit

Abstract

In this thesis implementing a production stop monitoring and registration system in Stoneridge Electronics AS Tallinn factory is investigated. A prototype production stop system is implemented and production is monitored over a shorter period of time. Based on the received results analysis is done for the monitored production lines work. Finally an alternative system is proposed to carry out line stop monitoring.

This thesis is written in Estonian and contains 26 pages of text, 4 chapters, 15 figures and 4 tables.

Sisukord

Jooniste nimekiri.....	6
Mõistete sõnastik.....	7
Sissejuhatus.....	8
1.Prototüübi arendus liiniseisakute registreerimiseks.....	9
1.1 Vajalike jälgimisparameetrite välja selgitamine.....	9
1.2 Induktiivandur tsükliaja jälgimiseks.....	10
1.2.1 Induktiivanduri tööpõhimõte.....	11
1.3.Sisend-väljund seadme valik signaalide püüdmiseks.....	11
1.4 Tarkvara andmete salvestamiseks.....	14
1.4.1 Programmeerimiskeskond.....	14
1.4.2 Kasutajaliides personaalarvutis.....	15
2. Lisa võimalused antud jälgimissüsteemile.....	16
2.1 Personaalarvutist eraldiseisev kasutajaliides.....	16
3.Analüüs.....	18
3.1 Kogutud info analüüs.....	18
3.2 Kuluanalüüs prototüüpsüsteemile.....	18
4.Alternatiivne lahendus jälgimissüsteemi koostamiseks.....	21
4.1 Sisend-väljund moodul.....	22
4.2 Ethernet ja kasutajaliides.....	22
4.3 Kuluanalüüs alternatiivina võimaliku süsteemi jaoks.....	23
Kokkuvõte.....	24
Kirjanduse loetelu.....	25
Lisa 1 Eraldiseisev kasutajaliides tootmisliinile koos karbiga.....	26

Mõistete sõnastik

AC Vahelduvvool; (ing.k. Alternating Current)

BOM materjali spetsifikatsioon ; (ing.k. Bill Of Materials)

DC Alalisvool; (ing.k. Direct current)

I/O Sisend-väljund; (ing.k. Input/Output)

LAN Kohtvõrk; (ing.k. Local area network)

LED Valgust kiirgav diod; (ing.k. Light-emitting diode)

LCD Vedelkristallekraan; (ing.k. Liquid crystal display)

NO Lülitus, mis normaalasendis on avatud kontaktidega; (ing.k. Normally Opened)

OEE Üldine seadmete töö efektiivsus; (ing.k. Overall Equipment Effectiveness)

PC Personaalarvuti; (ing.k. Personal Computer)

SD Säilmäluga mälukaardi formaat; (ing.k. Secure Digital)

UI Kasutajaliides; (ing.k. User Interface)

USB Universaalne järjestikliides andmete ülekandmiseks; (ing.k. Universal Serial Bus)

Jooniste nimekiri

- 1.1 Tootmisliin „Joel“
- 1.2 Alalisvoolul töötava 4mm tundlikkusraadiusega induktiivanduri TURCK Bi 4-M12K-AP6X-H1141 paigaldatuna tootmisjaama. Anduri eeliseks on kontaktivabalt signaali
- 1.3 Induktiivanduri põhimõtteskeem
- 1.4 Andmete püüdmiseks kasutatav Advantech USB-4750 sisend-väljund moodul
- 1.5 Kasutatava sisend-väljund mooduli digitaalsete sisendite elektriskeem
- 1.6 Releed Sisend-väljund mooduli sisendite maha juhtimiseks
- 1.7 Jälgimissüsteemi prototüübi põhimõtteskeem
- 1.8 Seisakute registreerimissüsteemi juhtprogrammi lihtsustatud ülevaateskeem
- 1.9 Jälgimissüsteemi kasutajaliidese ekraanitõmmis
- 2.1 USB kaabliga personaalarvuti külge ühendatav 2x16 sümboliga vedelkristallekraan
- 2.2 USB ühendused vedelkristallerkaani tagumisel küljel
- 3.1 Ülevaade tootmisliinil „Joel“ tagasilükke vedrusid paigaldava tootmisjaama tsükliajadest päeva jooksul.
- 3.2 Ülevaade tootmisliini „Joel“ funktsionaaltesti tsükliajadest päeva jooksul
- 4.1 Arduino Uno mikrokontroller plaat
- 4.2 Raspberry Pi mikroarvuti koos ekraani ja kontrollnuppudega
- 4.3 Alternatiivse lahendusena võimaliku jälgimissüsteemi struktuurskeem
- 4.4 Eraldiseisev kasutajaliides tootmisliinile koos karbiga

Sissejuhatus

Antud töö sisuks on Stoneridge Electronics AS Tallinna tehasesse automaatse tootmisliinide seisakute registreerimissüsteemi arendamine ja testimine.

Stoneridge Electronics AS eesmärk on saavutada tootmisliinide sujuv ja võimalikult efektiivne töö.

Seisakute jälgimise ja põhjuste analüüsiga on võimalik planeerida õigeaegseid preventiivseid hooldusi nii, et need ei segaks realselt seadmete kättesaadavust tootmistööks. Samuti võimaldab süsteem jälgida operaatorite tööaja kasutust.

Töö käigus konstrueeriti seisakute jälgimiseks ja registreerimiseks prototüüpsüsteem ning paigaldati see igapäevaselt töös olevale uksemooduleid tootvale liinile tööjaama kus paigaldatakse toote nuppudele tagasilükkevedrusid.

Töö tulemusena selgitatakse kogutud andmete põhjal välja, kas tootmistegevuse efektiivsust on veel üldse realselt võimalik tõsta ning pakutakse välja lahendus mis sobiks vajadusel kõikide tehases olevate tootmisliinide jälgimiseks ja arvutatakse kas see investeering oleks pikemas perspektiivis ettevõttele kasulik.

1. Prototüübi arendus liiniseisakute registreerimiseks

1.1 Vajalike jälgimisparameetrite välja selgitamine

Automatiseeritud tootmisliinide seisakuid võivad põhjustada väga mitmed asjaolud alustades tarnete hilinemisest kuni halva planeerimiseni. Antud töös keskenduti automaatika ning inimfaktorist põhjustatud seisakutele.

Vaja on välja selgitada:

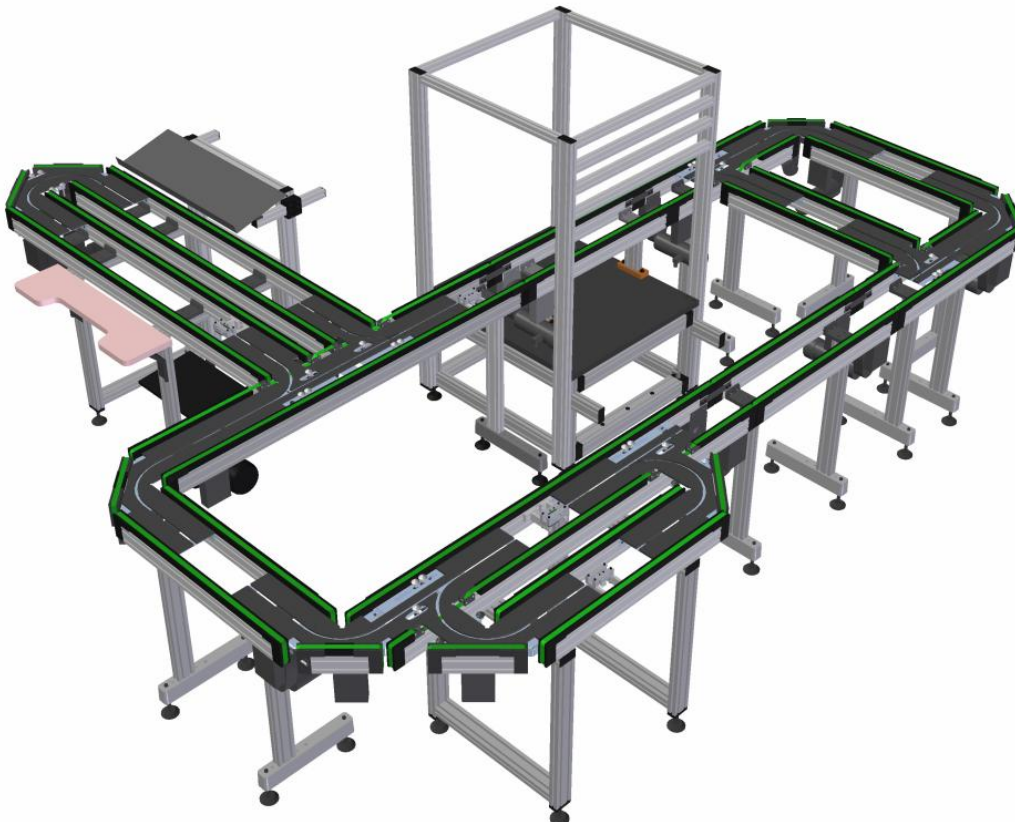
*Mida jälgida ?

*Kuidas jälgida ?

*Millisel kujul esitada ?

On vaja silmas pidada ka, et testitav lahendus oleks rakendatav võimalikult paljudel tootmisliinidel ning oleks vähemalt katsestaadiumis võimalikult väikeste kuludega.

Testimiseks on valitud Lanco valmistatud uksemooduleid tootva tootmisliini „Joel“ üks jaamis paigaldab toote nuppudele tagasilükkevedrusid (Joonis 1.1)



Joonis 1.1 Uksemoodulite tootmisliin „Joel“

*Mida jälgida ?

Lisaks seisakute registreerimisele oleks vaja eraldada seisakud mis on tingitud inimlikest vigadest nendest mis on tingitud probleemidest seadmetega ning jälgimaks, kas tootmine on sujuv oleks mõistlik registreerida ka tsükliäeg iga toote kohta tootmisjaamast väljudes.

*Kuidas jälgida ?

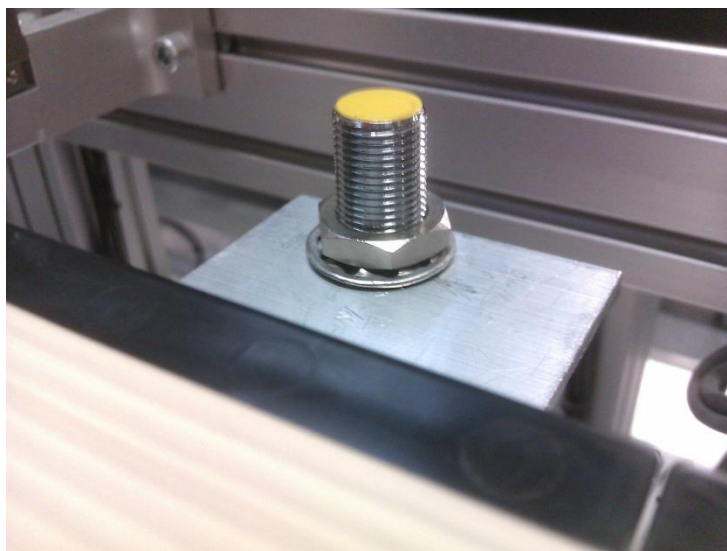
Milliseid sisendeid ja väljundeid tootmisjaamas jälgida?

Pidades silmas, et testitav seade oleks rakendatav ka teistel tootmisliinidel tutvuti liinidega ning kõige optimaalsem lahendus on võtta üheks sisendiks seadme tööks valmis oleku signaal mis antud liinil on signaaltulede roheline tuli.

Tsükliäegade jälgimiseks oleks vaja ilma protsesse mõjutamata saada signaal iga tootmisjaamast väljunud toote kohta. Sellise signaali tekitamiseks sobib hästi induktiivandur kuna ei vaja signaali tekitamiseks toote või mõne muu liikuva osaga kontakti.

1.2 Induktiivandur tsükliäaja jälgimiseks

Tsükliäaja signaali tekitamiseks paigutati tootmisjaama induktiivandur (Joonis 1.2) nii, et see aktiveerub tooteid mööda transportkonveierit edasi kandva metallist aluse jõudmisel andurini. Sealjuures on oluline, et signaali tekitamine toimub kontaktivabalt.

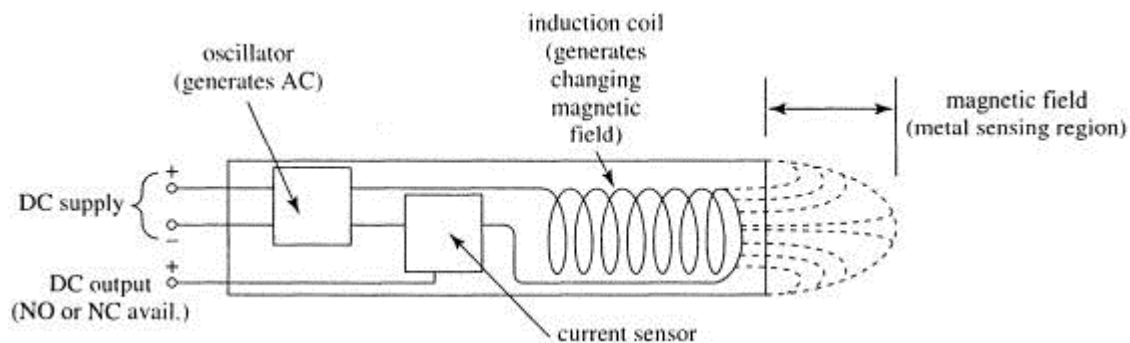


Joonis 1.2 Alalisvoolul töötava 4mm tundlikkusraadiusega induktiivanduri TURCK Bi 4-M12K-AP6X-H1141 paigaldatuna tootmisjaama. Anduri eeliseks on kontaktivabalt signaali tekitamine. Samuti sobib selle toimimiseks toitepinge 24V mis on antud tootmisjaama elektrikalbist kergesti kättesaadav.

1.2.1 Induktiivanduri tööpõhimõte

Induktiivandurid töötava elektromagnetilise induksiooni põhimõttel. Igal juhtmel, jm juhtival kontuuril on teatav induktiivsus, sest neid läbiva vooluga kaasneb alati magnetvälja mis indutseerib elektromotoorjõudu. Et võimendada sensori induktiivsusefekti on anduris asuv juhe keeratud mähisesse ning sealt lastakse läbi vool.

Induktiivanduril on neli komponenti; mähis, ostsillaator, mõõteahel ning väljundahel. Ostsillaator genereerib seadme tunnetuspiirkonnas asuva mähise ümber sõõriku kujulise magnetvälja. Kui metallist objekt liigub induktiivanduri tunnetuspiirkonda surub ta magnetvälja tagasi ja sellega vähendab anduri võnkevälja. Mõõteahel jälgib võnkumise tugevust ning lülitab sisse väljundi kui võnkumine on piisavalt alanenud.



Joonis 1.3 Induktiivanduri põhimõtteskeem

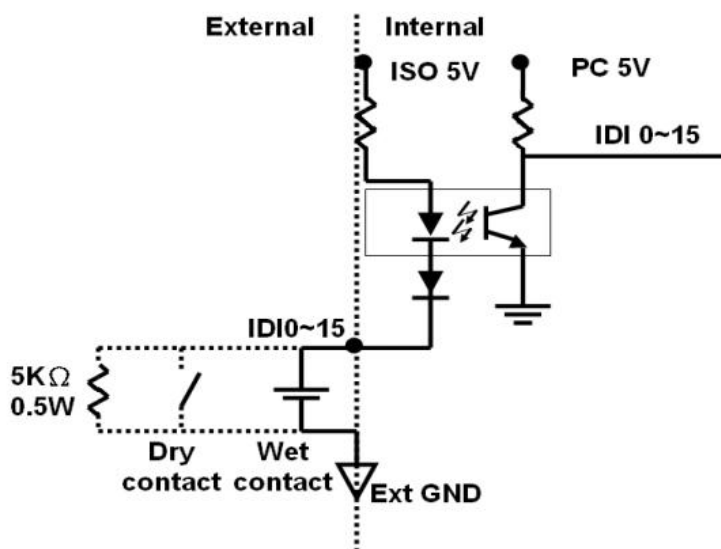
1.3.Sisend-väljund seadme valik signaalide püüdmiseks

Järgmiseks oli vaja valida seade millega võtta vastu sisendinfo ja muuta see kättesaadavaks üle tehase sisevõrgu. Käepärastest vahenditest osutus kõige sobivamaks Advantech USB-4750 sisend-väljund moodul millel on lisaks digitaalsetele sisenditele ja väljunditele olemas ka kaks interrupt sisendit ning kaks loenduriga sisendit.

Antud tootmisjaama jälgimiseks võeti kasutusele interrupt sisendid registreerimaks toote saabumist induktiivandurini ning hetke mil tootmisjaam on jälle tööks valmis, ehk rohelise signaaltule süttimist. Samuti jälgin rohelise signaaltule olekut 0pordi nullinda biti sisendi oleku järgi läbi aja registreerimaks tootmisjaama olekut hetkel mil enne ette antud tsükliaja täis saamist pole saamast väljunud ühtegi toodet. Selle alusel võib eeldada kas viivitus on tingitud seadmetest või on selleks mõni muu põhjus.

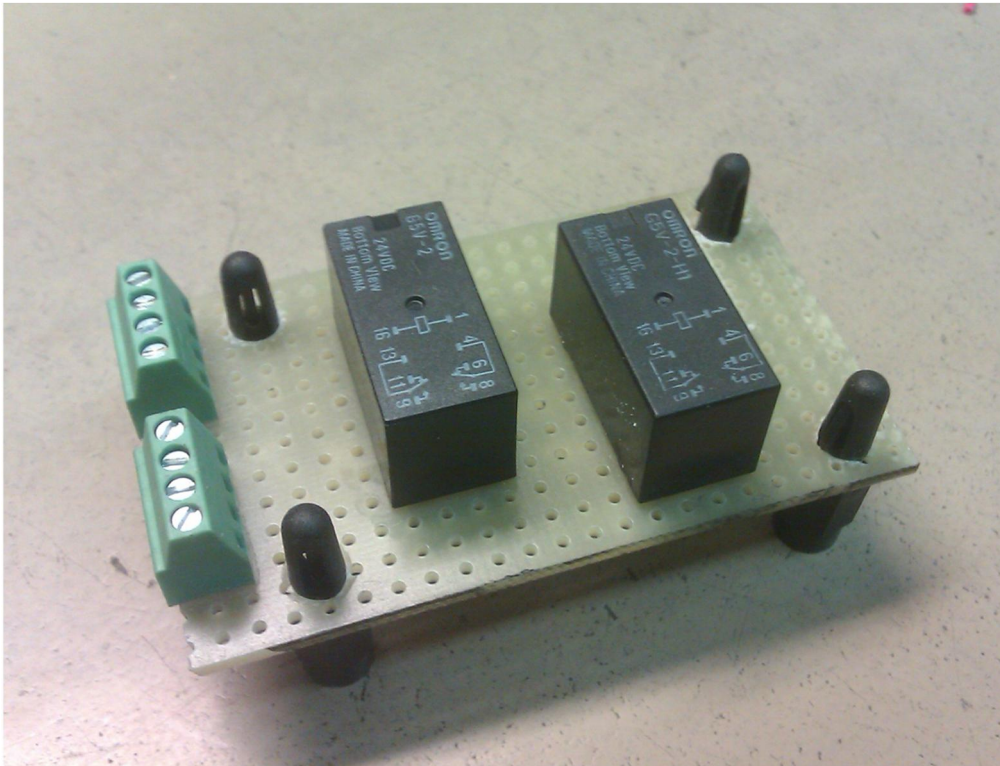


Joonis 1.4 Andmete püüdmiseks kasutatav Advantech USB-4750 sisend-väljund moodul

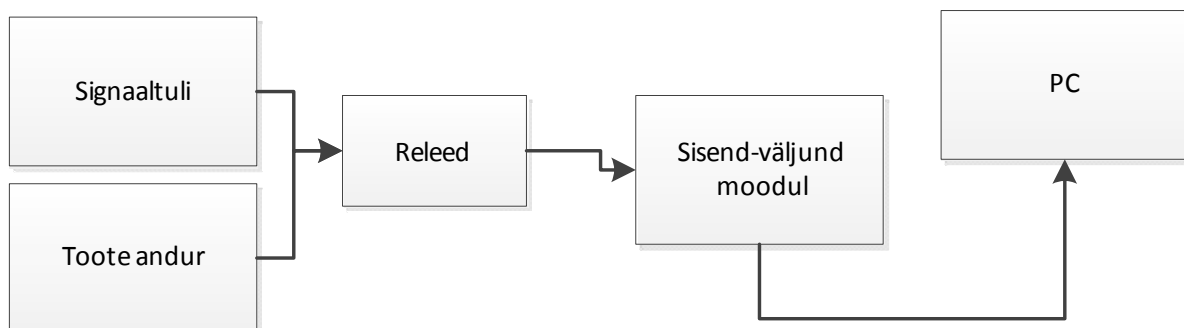


Joonis 1.5 Kasutatava sisend-väljund mooduli digitaalsete sisendite elektriskeem

Kuna jälgitava tootmisliini jälgitavas jaamas kasutatakse 24V loogikat siis osutus vajalikuks sisendite juhtimiseks lisada mõned releed(Joonis 1.6)



Joonis 1.6 Releed Sisend-väljund mooduli sisendite maha juhtimiseks



Joonis 1.7 Jälgimissüsteemi prototüübi põhimõtteskeem

Peale sisendite kaitsmist releedega võis alustada tarkvara lahenduse välja töötamist.

1.4 Tarkvara andmete salvestamiseks

1.4.1 Programmeerimiskeskond

Kuna Stoneridge Electronics AS kasutab oma arvutites üldiselt programmeerimiskeeles Delphi kirjutatud programme siis on ka prototüübi tarkvara kirjutatud vastavalt Delphis.

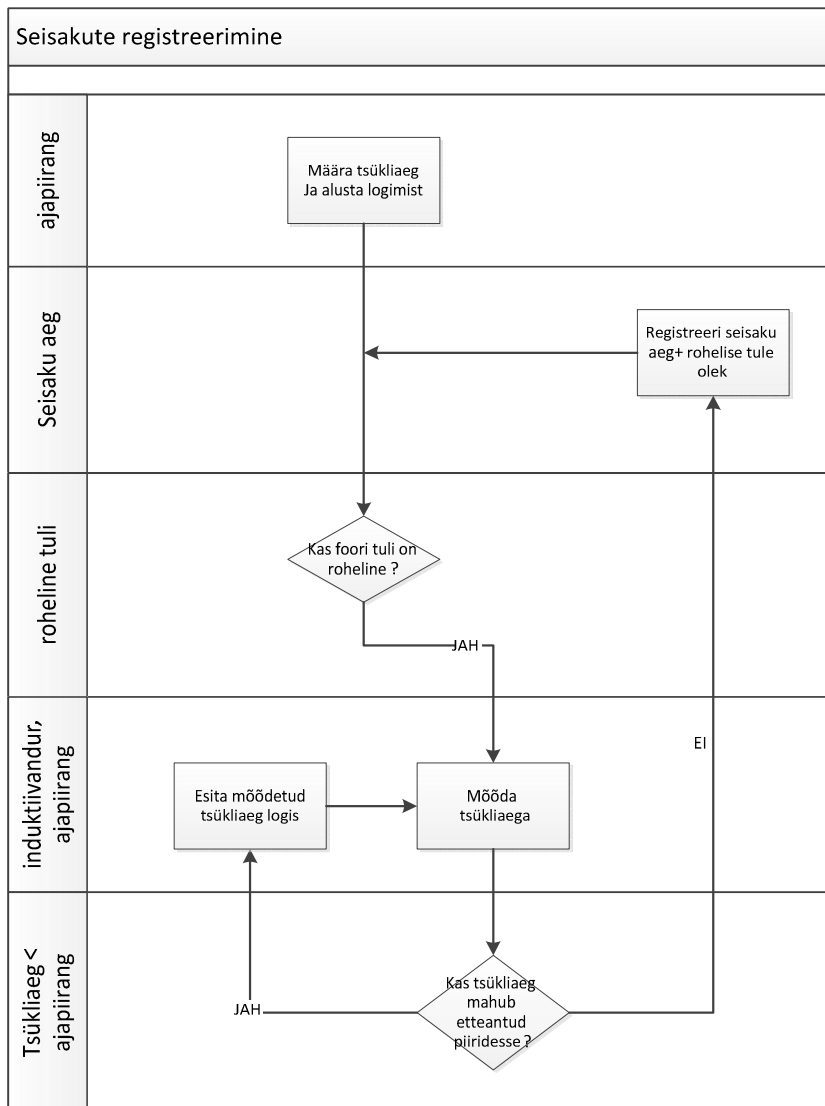
Tarkvara realiseerimiseks kasutatud vahendid:

Programmeerimiseks kasutatud arvuti operatsioonisüsteem - Virtuaalne Windows XP mode

Tarkvara arenduskeskkond - Borland Developer Studio 2006

Programmeerimiskeel - Delphi 2006

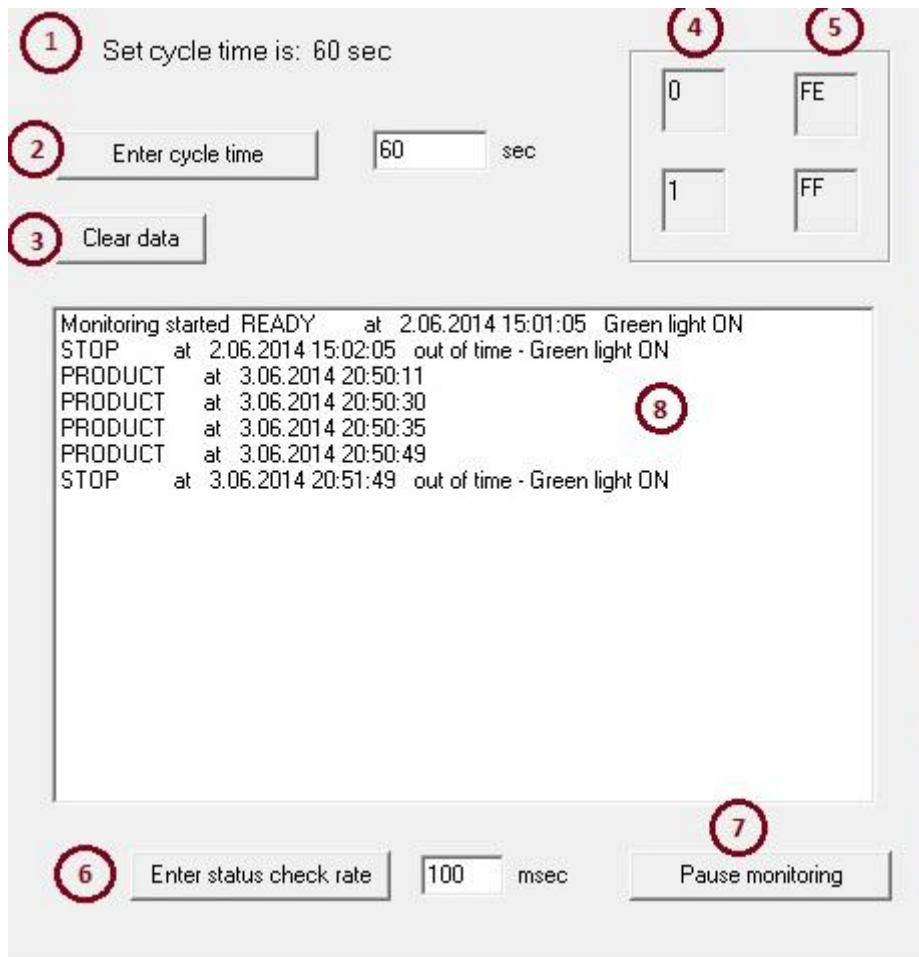
Delphi 2006 on kasutusel kuna litsentside arv on piiratud ja selle versiooni litsents oli ilma lisakulutusteta kättesaadav. Samuti tekkis probleem Borland Developer Studio 2006 käivitamisega Windows 7 64 bitises operatsioonisüsteemis ning selleks oli kõige lihtsam võtta kasutusele virtuaalne Windows XP arvuti.



Joonis 1.8 Seisakute registreerimissüsteemi juhtprogrammi lihtsustatud ülevaateskeem

1.4.2 Kasutajaliides personaalarvutis

1. Näitab sisestatud tsükliiega (enne esmakordset tsükliaja sisestamist palutakse see sisestada ja kuvatud on tekst „Enter cycle time to start“)
2. Võimaldab muuta etteantud tsükliiega ning esmakordsel tsükliaja sisestamisel käivitab jälgimise.
3. Tühjendab jooksva andmevoo akna(faili jääb eelnevalt salvestatud info alles)
4. Näitab sisendpordi numbrit
5. Näitab sisendpordi 8 piti olekut kuueteistkümnendkoodis
6. Võimaldab muuta sisendpordi oleku kontrollimiskiirust millisekundites
7. Peatab jälgimise, uuesti alustamiseks tuleb sisestada tsükliieg (vaata punkti 2)
8. Aken näitab jooksvalt andmeid toote saabumise kohta jaamast, seisakuid ning signaaltule seisu.



Joonis 1.9 Jälgimissüsteemi kasutajaliidese ekraanitõmmis

2. Lisa võimalused antud jälgimissüsteemile

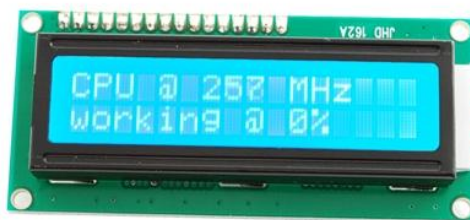
Lisaks sisendite jälgimisele ning logimisele on võimalik antud mooduli vabasid sisendeid kasutada lisa info registreerimiseks ning hetkel kasutamata jäänud digiväljunditega juhtida eraldiseisval kasutajaliidesel signaaltulesid või vajadusel seisata ka tootmisliini töö.

Eraldiseisval kasutajaliidesel võiksid olla operaatori jaoks vastavad nupud näiteks registreerimiseks kas liinil on kohvipaus, lõuna või seisak on tingitud hooldustöödest. Samuti saaks lisada nupu seisaku lõpetamiseks.

Sisendid saaks realiseerida lihtsa mirkolüliti baasil ning programmis defineerida sisendportide väärtused vastavalt vajadusele.

2.1 Personaalarvutist eraldiseisev kasutajaliides

Süsteemile on võimalik lisada ka vastava jaama juurde lisa LCD ekraan näitamaks operaatorile jooksvalt süsteemi olekut. Kuigi Advantechi moodulil on olemas ka 2 kaheksa bitist väljundporti siis vältimaks liigset tarkvara kirjutamist(oleks vaja kirjutada käsitsi kogu sümbolite tähestik) ning kuna antud moodul peab nii või naa olema ühendatud PC-ga siis oleks mõistlikum kasutada mõnda USB kaudu ühendatavat ekraani. Kuna kuvamist vajaks üsna väike infohulk siis kõige paremini sobiks selleks suhteliselt odav 2x16 sümboliga vedelkristallekraan Lcdmod U162MBA1(Joonis)

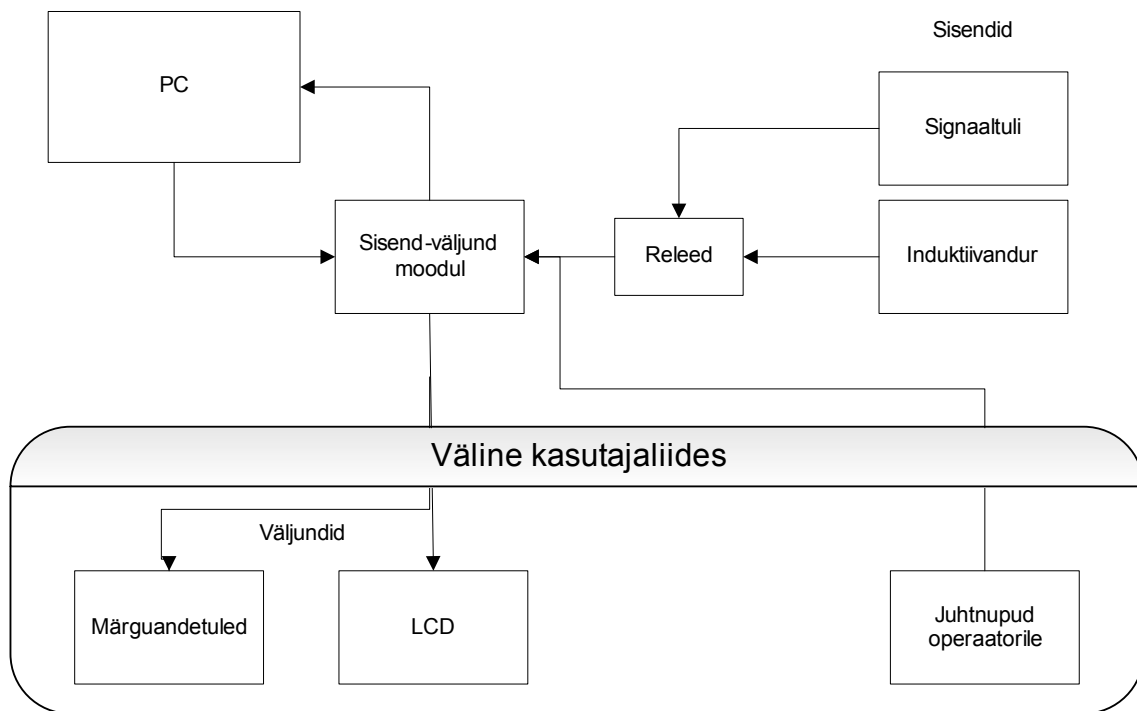


Joonis 2.1 USB kaabliga personaalarvuti külge ühendatav 2x16 sümboliga vedelkristallekraan

Peale draiverite installeerimist on võimalik ekraan ühendada otse PC emaplaadile või kasutada välist USB kaablit millest viimane variant oleks antud süsteemi puhul kõige mugavam. Sest võimaldaks seadme lihtsalt ümber paigutada mõnda teise tootmisjaama ja vähendaks kaabelduse vedamisele tehtavat ajakulu. Joonisel on punase ringiga tähistatud LCD emaplaadile ühendamist võimaldav pistik.



Joonis 2.2 USB ühendused vedelkristallerkaani tagumisel küljel

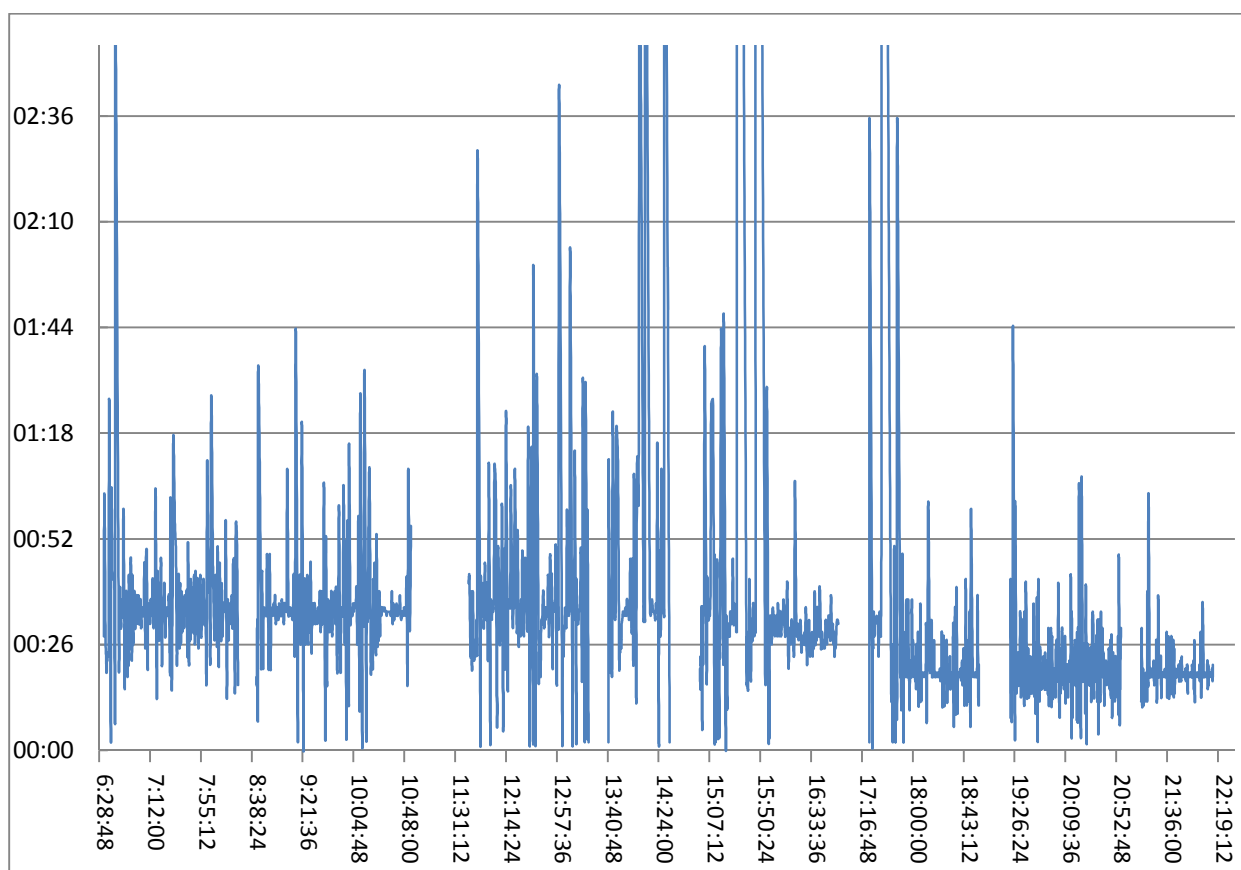


Joonis 2.3 Välja töötatud prototüüpjälgimissüsteemi välise kasutajaliidesega seadme plokkskeem

3.Analüüs

3.1 Kogutud info analüüs

Tootmise sujuvuse jälgimiseks koostas tsükliegade põhjal graafiku võttes arvesse ainult planeeritud tootmisaega st jättes välja kohvi- ja lõunapausid. Arvutasin ka keskmise ja mediaantsükliaja toote kohta. Arvutuste aluseks võtsin ühel päeva hommikuse ja õhtuse vahetuse töö jälgimisel saadud info. Mõlema vahetuse pikkus on 8 tundi ning lubatud on kaks 15 minutist kohvipausi ning 30 minutiline lõuna.

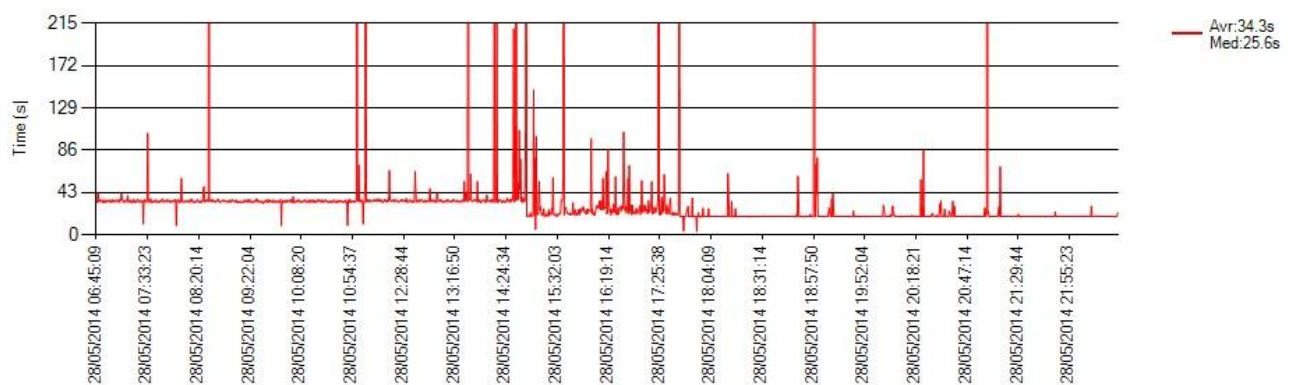


Joonis 3.1 Ülevaade tootmisliinil „Joel“ tagasilükke vedrusid paigaldava tootmisjaama tsükliagedest päeva jooksul.

Keskmine tsükliage jälgitud tootmisjaamas on tsükliegade aritmeetiline keskmine 29sekundit.

Tsükliaja mediaaniks sain antud jaamal 26sekundit.

Võrdluseks sama päeva tsükliagade ülevaade sama tootmisliini funktsionaaltestist. Siin keskmine tsükliag 34,3 sekundit ning mediaantsükliag 25,6 sekundit.



Joonis 3.2 Ülevaade tootmisliini „Joel“ funktsionaaltesti tsükliagadest päeva jooksul

Mõlemalt graafikult on näha üsna suuri kõrvalekaldeid keskvärtustest, kuid manuaalselt peetavasse logiraamatusse polnud tol päeval tehtud põhjuste kohta ühtegi sissekannet. Samuti ei näita paigaldatud jälgimissüsteem ühegi etteantud tsükliaja kõrvalekalde puhul, et tootmisjaam ei oleks tööks valmis, ehk kõigil juhtudel põles signaalfoori roheline tuli. Selleks, et selgitada välja selliste lühiajaliste seisakute põhjuseid ning neid edaspidi vältida ongi vaja süsteeme jälgida ning viia sisse rutiin, et operaator jooksvalt märgiks ära seisakute põhjused.

Peale mõneajalist tootmisjaama töö jälgimist on saadud info põhjal võimalik arvutada ka jaama OEE protsent ehk üleüldist tootmisjaama töö efektiivsust.

Selleks, et arvutada OEE protsenti on tarvilik teada järgmisi parameetreid :

planeeritud tööaeg = vahetuse pikkus - pausid

tootmisaeg = planeeritud tööaeg - seisakud

korras tooted = kõik tooted – defektsed tooted

kättesaadavus = tootmisaeg / planeeritud tööaeg

jõudlus = (ideaalne tsükliag * kõik tooted)/ tootmisaeg

kvaliteet = korras tooted / kõik tooted

OEE = kättesaadavus * jõudlus * kvaliteet

Nagu ka tsükliagade jälgimisel arvutamise aluseks ühe päeva hommikuse ja õhtuse vahetuse töö. Kuna vahetuses on ette nähtud 30 minutiline lõuna ja 15 minutilist kohvipausi siis:

Planeeritud tööaeg = (8h - 15min - 15min - 30min) x 2 = 14h = 840min

Tootmisaja arvutamiseks on vaja teada summaarset seisakute aega. Seisakud arvutasin etteantud 60sekundilise tsükliaja kõrvalekallete põhjal. Kahe vahetuse jooksul oli seisakuid kokku 1 tund ja 40 minutit ehk 100min

Tootmisaeg = 840 – 100 = 740 min

Jõudluse arvutamisel võtsin ideaalse tsükliajaks 0,41 min/toote kohta, mille leidsin tootmisjaama dokumentatsioonist.

$$\text{Jõudlus} = 0,41 * 1637 / 740 = 0,907 \text{ ehk } 90,7\%$$

Korras tooted on lõpptesti läbinud tooted. Lõpptesti ei läbinud sellel päeval ainult 10 toodet 1637st.

$$\text{Korras tooted} = 1637 - 10 = 1627$$

$$\text{Kvaliteet} = 1627 / 1637 = 0,994 \text{ ehk } 99,4\%$$

$$\text{Kättesaadavus} = 740 / 840 = 0,881 \text{ ehk } 88,1\%$$

$$\text{OEE} = 0,907 * 0,994 * 0,881 * 100 = 79,4\%$$

Tabel 1. Üldise seadmete töö efektiivsuse arvutus (OEE)

Jõudlus	90,7%
Kvaliteet	99,4%
Kättesaadavus	88,1%
OEE	79,4%

Tulemusest võib näha, et kuna tootmisjaama üldine efektiivsus on ideaalsest sajast protsendist üsna kaugel, on võimalik muuta süsteemi tunduvalt efektiivsemaks. Samuti on näha, et kõige madalam näitaja on hetkel kättesaadavus mis omakorda on otseses sõltuvuses reaalsest tootmisajast.

Reaalne eesmärk oleks tootmisjaama jälgimise ning seisakute likvideerimisega vähendada päevast seisakute pikkust 30 minuti võrra mis on kogu planeeritud tööajast kõigest 3,6%. See annaks pikemas perspektiivis juba üsna suure võidu.

Jättes ülejäänud parameetrid samaks saame uueks OEE protsendiks:

$$\text{OEE} = 0,907 * 0,994 * 0,916 * 100 = 82,6\%$$

Tabel 2. Teoreetiline üldise seadmete töö efektiivsuse arvutus (teoreetiline OEE)

Jõudlus	90,7%
Kvaliteet	99,4%
Kättesaadavus	88,1%
OEE	82,6%

Seega likvideerides vähem kui kolmandiku seisakute ajast võidaksime üldises efektiivsuses juba 3,2% ning ühe kuu läbilõikes võrdub see kümne tunni kasuliku tööga.

Jättes jõudluse samaks saame valemist teisendades välja arvutada ühe kuu jooksul lisaks toodetava koguse tooteid.

$$\text{Päevane toodete arv sellisel juhul} = 0,907 * 770 / 0,41 = 1703 \text{ ning}$$

lisatoodanguks päevas seega $1703-1637=66$ toodet. See annab kuu läbilõikes lisaväärtuseks $66*20=1320$ toodet.

Arvestades operaatorite palga, elektrikulu, kütte ning muude kuludega on sellise jälgimissüsteemi omakulu triviaalne.

3.2 Kuluanalüüs prototüüpsüsteemile

Kuigi koostatud jälgimissüsteemi välja töötamiseks ei pidanud otseselt tegema mitte mingisuguseid lisakulutusi oleks teiste liinide jaoks siiski vaja soetada lisaseadmeid.

Sisend-väljund moodul Advantech 4750 hinnaks on tootja kodulehel 245.00dollarit ehk 179.77eurot

Lisaks kasutati sisendite juhtimiseks proto plaadile joodetud releesid mille arv ja lülituspinge sõltub vastavalt paigutatavast tootmisjaamast. Antud tootmisliinil „Joel“ kasutasin kahte 24V pingel töötavat releed ning releede plaadi maksumuseks tuli 7€.

Arvestades operaatorite palga, elektrikulu, kütte ning muude kuludega on sellise jälgimissüsteemi omakulu triviaalne võrreldes lisandväärtusega mida jälgimissüsteem tootmise efektiivsemaks muutmiseks annab.

Koostatud süsteemi miinuseks on lähedalasuva (USB standardi järgi on kaabli pikkus piiratud 5m ulatusega) PC vajadus andmete kogumiseks ning võrgus nähtavaks tegemiseks.

Tabel 3. Kuluanalüüs prototüüpskeemile

Advantech 4750 sisend-väljund moodul 1tk	€179.77
Sisendite kaitseahel	€7
Kokku	€186.77

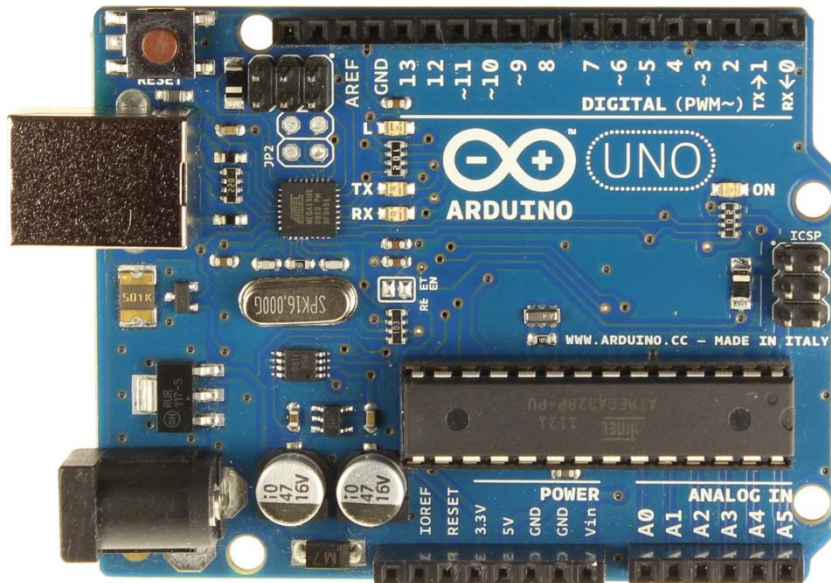
4. Alternatiivne lahendus jälgimissüsteemi koostamiseks

Kuigi enamusel Stoneridge Electronics AS tootmisjaamade läheduses või liinil endal asub sisevõrku ühendatud PC mille külge saaks ühendada eeltoodud jälgimissüsteemi siis leiduvad ka mõned liinid mille läheduses seda pole. Selliste tootmisliinide jälgimiseks oleks vaja andmete püüdmiseks ning sisevõrku edastuseks konstrueerida seade mida on võimalik otse LAN võrku ühendada. Seadmel peaks olema piisavalt sisendeid, et jälgida tootmisjaamas toimuvat, ning kasutajaliides operaatorile.

Üsna väikeste kulutustega ning liigset lisa arendustööd tegemata oleks võimalik selline lahendus realiseerida Raspberry Pi platvormi ja Arduino Uno kontrolleriplaadi baasil.

4.1 Sisend-väljund moodul

Sisendite lugemiseks oleks mugav asutada Arduino Uno kontrolleriplaati mis on piisavalt odav ja piisavalt töökindel nii sisendite lugemisel kui vajadusel ka väljundite juhtimisel. Samuti saab antud kontrolleriplaati lihtsalt USB kaabli abil ühendada Raspberry Pi külge.



Joonis 4.1 Arduino Uno mikrokontroller plaat

Tehnilised andmed:

Mikrokontroller	ATmega328
Tööpinge	5V
Toitepinge (soovitav)	7 - 12V
Toitepinge (limiitid)	6-20V
Digitaalsed Sisend/väljund pinnid	14
Analoog sisend pinnid	6

Sisendite kaitseks ning väljundite juhtimiseks on sarnaselt prototüpsüsteemis kasutatud Advantech-i sisend-väljund moodulile ka siin vaja kasutada sisendite kaitseks vahereleede, alalisvoolukonverteri või näiteks väljatransistoride baasil realiseeritud vaheskeemi vastavalt jälgitavas tootmisjaamas kasutatavatele pingetele.

4.2 Ethernet ja kasutajaliides

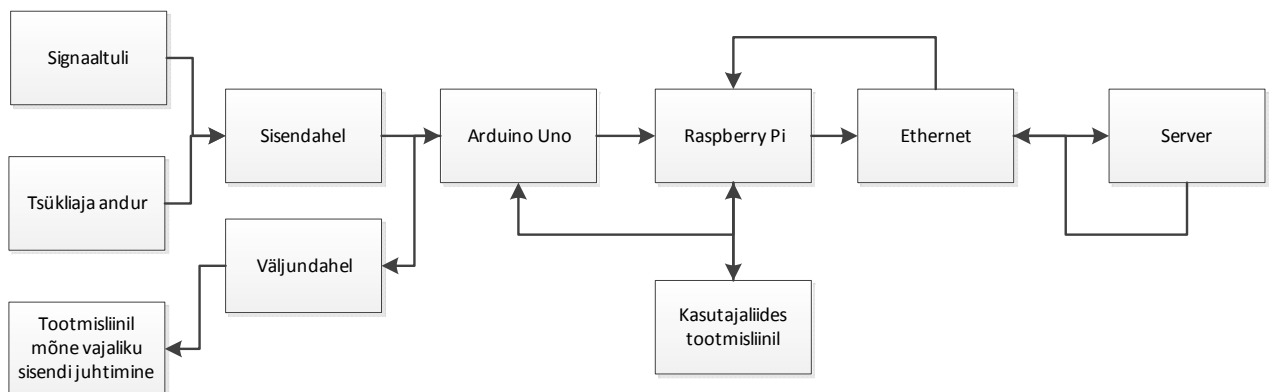
Raspberry Pi on võimalik mugavalt ühendada LCD ekraaniga millel on ka lisaks kontrollnupud operaatorile menüüdes orienteerumiseks ning seisakute põhjuste sisestamiseks. Lisaks võimaldab Raspberry Pi sisendmoodulist saadud andmete esmast andmete töötlust

ning serveris olevasse andmebaasi edastamist .



Joonis 4.2 Raspberry Pi mikroarvuti koos ekraani ja kontrollnuppudega

Raspberry Pi saab koos ekraani ja kontrollnuppudega paigutada praktilisse karpis ning seada tootmisjaama juurde operaatore jaoks mugavasse kohta ning sisendite lugemiseks vajamineva osa skeemist, ehk Arduino kontrollplaadi koos releedega näiteks tootmisjaama elektrikappi kuna kogu elektroonika on piisavalt väikeste mõõtmetega.



Joonis 4.3 Alternatiivse jälgimissüsteemi struktuurskeem

4.3 Kuluanalüüs alternatiivina võimaliku süsteemi jaoks

Tabel 4. Kuluanalüüs alternatiivina võimaliku süsteemi komponentidele

Arduino uno	€20.00
Raspberry Pi koos ekraani ja juhtnuppudega	€42.39
Kaitseahelad sisenditele	€10
Karp kasutajaliidese tootmisliinile paigutamiseks	€28.92
Kokku	€101.31

Kokkuvõte

Käesolevas töös on projekteeritud ja koostatud tootmisliinide tööd jälgiv süsteem mis registreerib tsükliaja iga tootmisjaama läbinud toote kohta, seisakud ja tootmisjaama oleku seisaku tekkimise hetkel. Süsteem kohandati vastavalt testimiseks valitud tootmisjaamale ning jälgiti tootmistöö sujuvust ning seadmete olekut teatud perioodi jooksul.

Samuti on töös välja pakutud alternatiivne lahendus jälgimissüsteemi rakendamiseks maksimaalselt kõikidele tootmisliinidele Stoneridge Electronics AS Tallinna tehases.

Kogutud info põhjal tehtud arvutustest võib järeldada, et testitud tootmisliini töö efektiivsus on võimalik märgatavalt tõsta kui selgitada välja seisakute põhjused ja need elimineerida.

Samuti selgus teoreetiliste arvutuste põhjal, et jälgimissüsteemi tehtava investeeringu suurus on võrreldes selle kasuteguriga üsna väike ning tasub seisakute registreerimissüsteemi arendustööd jätkata ja laiendada ka teistele liinidele.

Kirjanduse loetelu

1. Lean Maintenance System Workbook - Bodo Wiegand, Ralf Langmaack and Thomas Baumgarten
2. The Toyota Way, 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer- Jeffrey K. Liker
3. [www] [Arduino Microcontroller Guide](#)
4. [www] [Raspberri PI Getting started guide](#)
5. [www] [Advantech USB 4750 User manual](#)
6. [www] [IEEE xplore „Stability of production lines with multiple delays“](#)
7. [www] <https://pc-control.co.uk/Inductive.htm>
8. [www] <http://arduino.cc/en/Tutorial/LiquidCrystal>
9. [www] <http://www.eio.com/p-18961-lcdmod-u162mba1-usb-2x16-character-lcd.aspx>
10. [www] <http://codeluino.com/information-and-news/hardware/arduino-vs-raspberry-pi/>

Lisa 1. Eraldiseisev kasutajaliides tootmisliinile koos karbiga



Joonis 4.4 Eraldiseisev kasutajaliides tootmisliinile koos karbiga