

**Aleksei Sedjakin**

# **PROGRAMMJUHTIMINE**

Lisaõppematerjal venekeelsele kutsekoolile

Tallinn 2008

Materjal on valminud Integratsiooni Sihtasutuse projekti “Eestikeelse õppe ja õppevara arendamine muukeelsetes kutsekoolides” raames (2005-2008). Euroopa Sotsiaalfondist rahastatud projekt kavandati vastavalt Uuringukeskuse *Faktum* uuringule "Kutsehariduse areng venekeelsetes kutseõppeasutustes" (2004). Projekti eesmärgiks oli luua tingimused kvaliteetse eesti keele õppe läbiviimiseks ning arendada eestikeelse õppe meetodikat kutseõppeasutuste venekeelsetes rühmades. Projekti käigus koolitati üle 300 õpetaja ning anti välja 23 (e-)õppematerjali ja meetodikaraamatut. Materjalid asuvad veebikeskkonnas *kutsekeel.ee*.

**Autor:** Aleksei Sedjakin  
**Sisunõustamine:** Valdur Veski  
**Keeletoimetamine:** Katre Kutti  
**Terminitoimetaja:** Raik Jansikene  
**Retsensent:** Vladi Purro  
**Küljendaja ja kujundaja:** Aivar Täpsi  
**Teostaja:** OÜ Miksike  
**Autoriõigus:** Integratsiooni Sihtasutus

**Tasuta jaotatav tiraaž**

# SISSEJUHATUS

Selles õppematerjalis käsitletakse järgmisi teemasid: juhtimissüsteem, informatsioon, signaalid ja andurid, loogikalülituste süntees, juhtprogrammi struktuur ja tööstuskontrollerite programmeerimiskeeled.

Antud õppematerjal on ette nähtud kutsekooli õpilastele erialadel, mis on seotud automaatseadme paigaldamise, hoolduse ning remondiga: mehhatroonik, automaatik, elektrik, side- ning telekommunikatsioonitehnik.

Õppematerjal on eesti keeles ning sisaldab selgitavaid skeeme, jooniseid. Tähtsad terminid ja sõnad on tõlgitud vene keelde. Selle õpiku koostamisviis võimaldab õppematerjalist paremini aru saada ning eesti keelt õppida.

See on kasulik ka eesti õpilastele nii teadmiste laiendamiseks kui ka venekeelsete erialaterminitega tutvumiseks.

Õppematerjali piiratud mahu tõttu käsitletakse ainult programmjuhtimise tähtsaid aspekte, kuid see loob teadmisbaasi selliste ainete õppimiseks nagu loogika, digitaaltehnik, elektroonika, programmeeritavad kontrollid, automatiseeritud süsteemide projekteerimine.

Käesolev õppematerjal on orienteeriv ning suunav, mis annab võimaluse iseseisvalt tundma õppida programmjuhtimise aluseid.

Õppematerjali kinnistamiseks pakutakse kontrollküsimusi ja praktilisi ülesandeid. Kasutades tasuta tarkvara *LOGO!Soft* või *Electronic WorkBench* demoversiooni, tekib võimalus loodud programmide simulatsiooniks, mis on eriti tähtis nii läbitud materjali kinnistamiseks kui õppijate loominguvõimete arendamiseks.

## **ВВЕДЕНИЕ**

В данном учебном пособии рассматриваются следующие темы: система управления; информация, сигналы и датчики; синтез логических устройств; структура программы управления и языки программирования промышленных контроллеров.

Данное учебное пособие предназначено для учащихся профессиональных школ по специальностям, связанных с установкой, обслуживанием и ремонтом автоматизированных систем: мехатроник, автоматик, электрик, электроник, специалист по связи и телекоммуникации.

Учебный материал приведён на эстонском языке и содержит поясняющие схемы и рисунки. Важнейшие термины и слова переведены на русский язык. Такое построение учебного материала создает возможность для лучшего понимания содержания, а так же для изучения эстонского языка.

Это учебное пособие будет полезно и учащимся с эстонским языком обучения, как для изучения предмета, так и для получения знаний технической терминологии на русском языке.

Из-за ограниченного объема пособия рассмотрены только наиболее важные аспекты основ программного управления. Знание основ программного управления и терминологии создает базу и ориентирует учащихся для дальнейшего изучения таких предметов как логика, дигитальная техника, электроника, программируемые контроллеры, проектирование автоматизированных систем.

Настоящее учебное пособие является ориентирующим и направляющим, позволяет самостоятельно изучать основы цифрового управления, используя дополнительную литературу по указанным темам.

Для закрепления учебного материала предлагаются контрольные вопросы и практические упражнения. Используя бесплатные демо-версии программного обеспечения LOGO!Soft или Electronic WorkBench, возможна симуляция созданных программ, что особенно важно как для закрепления учебного материала, так и для развития творческих способностей учащихся.

# SISUKORD

<b>Sissejuhatus</b> .....	3
<b>1. Juhtimissüsteem</b> .....	6
1.1. Juhtimissüsteemi struktuur .....	6
1.2. Täiturid .....	10
1.3. Regulaatorid .....	13
<b>2. Infotöötlus</b> .....	17
2.1. Informatsioon .....	17
2.2. Signaalid .....	21
2.3. Andurid .....	25
<b>3. Binaarloogika</b> .....	32
3.1. Diskreet- ehk kombinatsioonseade .....	32
3.2. Loogikafunktsioonide esitus .....	33
3.3. Elementaarsed loogikatehted.....	38
3.4. Loogikafunktsiooni süntees.....	42
3.5. Loogikalülituste minimeerimine .....	43
3.6. Järjendloogikalülitused.....	44
<b>4. Tööstuskontrollerite programmeerimiskeeled</b> .....	46
4.1. Programmi struktuur .....	46
4.2. Programmeerimiskeeled.....	50
<b>Kasutatud kirjandus</b> .....	54
<b>EESTI-VENE SÕNASTIK</b> .....	55

# 1. JUHTIMISSÜSTEEM

## 1.1. Juhtimissüsteemi struktuur

### Peatüki eesmärgid. Juhtimissüsteemi põhimõisted

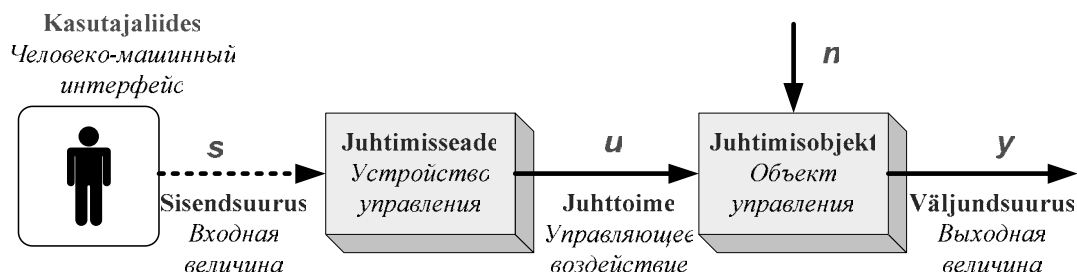
Tänapäeva kiire teadus- ja tehnikaarengu tulemusena on industriaalühiskond asendumas infoühiskonnaga. Infoühiskonnas mängivad tähtsat rolli infoedastus ja -töötlus ning nende toimingute kiirus. Infoühiskond tähistab uut arenguetappi, mille tõi kaasa elektroonika ja arvutustehnika, sh programmjuhtimise kasutuselevõtt. Selle tulemusena toimus tootmise iseloomu oluline muutumine. Arvutitega juhitud robotid, arvjuhtimisega tööpingid on uue põlvkonna masinad. Tänu programmjuhtimisele on need masinad paindlikumad ja universaalsemad.

**Juhtimine** on infotöötlusprotsess, mis väljendub mingi tegevuse sihipärasel korraldamisel. Juhitakse nii tehnilisi, bioloogilisi kui sotsiaalseid protsesse.

**Juhtimissüsteem** koosneb juhtimisobjektist ning selle juhtimiseks rakendatud juhtseadmetest.

Juhitavat protsessi või seadet nimetatakse üldiselt **juhtimisobjektiks** ja selle tulemust väljundiks **y**.

Seadet, mis moodustab **juhttoime u**, nimetatakse **juhtseadmeks**.



Joonis 1.1.1 Juhtimissüsteemi üldine struktuur.

Süsteemile avaldavad mõju signaalid, mis pärinevad väljastpoolt süsteemi ja mõjutavad väljundsuurust. Nendeks on: **sisendsuurus s**, mis määratleb, mida süsteemilt soovitakse; **häiringud n**, mis mõjutavad objekti, kutsudes esile väljundsuuruse muutmist. Juhtseadme poolt mõjub objektile ka juhttoime **u**, mis samuti mõjub väljundsuurusele.



**Mõelge.** Tooge juhtimise näiteid tehnikas. Tehke analüüs joonisel 1.1.1 toodud näite järgi.



### Terminid 1.1.1

arenguetapp – этап развития

arvjuhtimisega töörink – станок с числовым управлением

häiringud – помехи

infoedastus ja -töötlus – передача и обработка информации

infoühiskond – информационное общество

juhtimissüsteem – система управления

juhttoime – управляющее воздействие

kasutuselevõtt (juurutamine) – внедрение

mõju avaldama – оказывают влияние

peatüki eesmärgid – цели главы

programmjuhtimine – программное управление

rõhimõisted – основные понятия

rakendatud juhtseadmetest – из используемых (для этого) устройств управления

sihipärane tegevus – целенаправленное действие

sisend – вход

teaduse ja tehnika arengu tulemus – результат развития науки и техники

toiming – действие

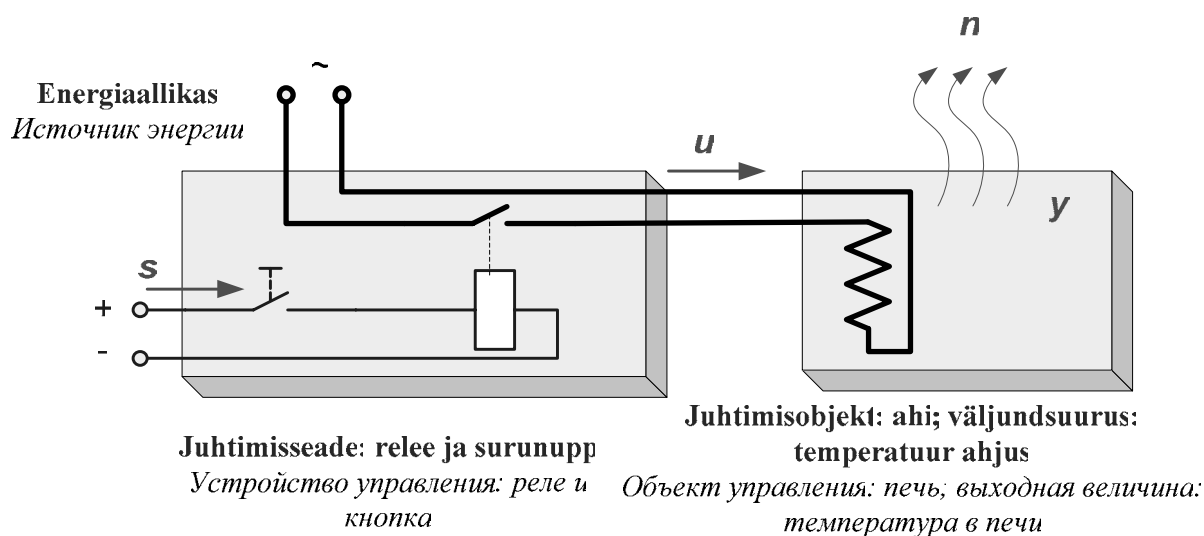
tulemus – результат

tähistama – обозначать

väljund – выход

Juhtimissüsteemi juurde kuulub alati **kasutajaliides** (inglise: *Human Machine Interface*, vene: *человеко-машинный интерфейс*), mis võimaldab inimesel osaleda juhtimiseks vajaliku informatsiooni sisestajana ehk programmeerijana ning teostada järelvalvet. On süsteemid, kus juhtimine toimub inimese osalise osavõtuga – **automatiseeritud süsteemid** ja on süsteemid, kus juhtimine toimub inimese otsese osavõtuta – **automaatjuhtimissüsteemid**.

Nt joonisel 1.1.2 on ahi juhtimisobjektiks, aga saavutatud temperatuur ahjus – juhtimise tulemuseks ehk juhtprotsessi väljundsuuruseks. Väljundsuurust nimetatakse ka juhitavaks või reguleeritavaks parameetriks.



Joonis 1.1.2. Juhtimise näide: kuumutusprotsess.



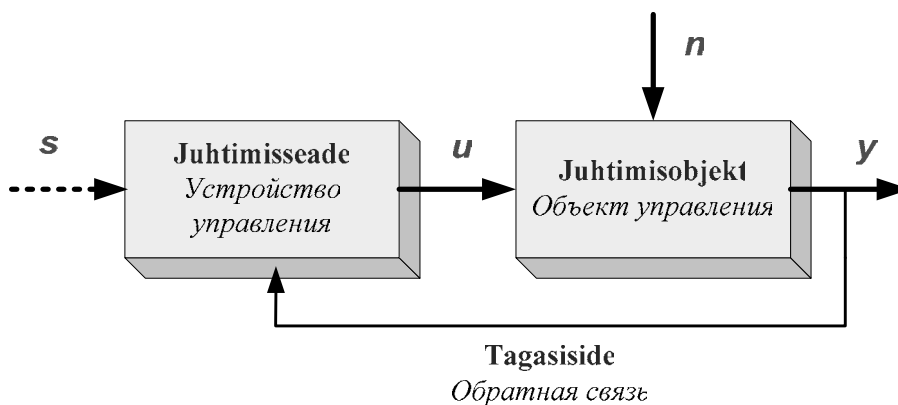
**Mõelge.** Mis on antud joonisel 1.1.2 sisendsuuruseks ning juhttoimeks ja mis häiringuks?

**Avatud süsteemides**, mis on toodud joonisel 1.1.2, juhitakse protsessi kontrollimata. Juhtsüsteemis ei ole võimalust mõõta ning hinnata väljundsuurust. Juhitava protsessi tulemused (väljundsuurused) ei vasta soovitudele, sest juhtprotsessi mõjutavad ka häiringud. Selline juhtimine sobib lihtsamatele juhtsüsteemidele.

**Suletud süsteemides** juhitakse protsessi juba kontrollides tulemuse vastavust etteantud kriteeriumitele ehk süsteemis toimub **tagasiside** tulemuste kohta. Protsessi juhitakse kõrvalekaldumise järgi ehk sõltuvalt erinevusest protsessi tegeliku ja soovitud tulemuse vahel.

Selleks, et tulemust kontrollida, peab seda mõõtma, mistõttu kuulub juhtimissüsteemi juurde ka **mõõteseade**.

Otsustavat elementi, mis moodustab kõrvalekaldumise alusel juhttoime, nimetatakse **regulaatoriks** või **kontrolleriks**.



Joonis 1.1.3. Suletud juhtimissüsteemi struktuur.



**Mõelge.** Millistest teguritest sõltub juhtimise täpsus?



**Terminid 1.1.2**

avatud süsteem – разомкнутая (открытая) система

ei vasta soovitudle – не соответствует желаемому

hindama – оценивать

inimese osalise osavõetuga – с частичным участием человека

kõrvalekaldumise järgi – по отклонению

mõõtmine – измерение

sisestajana ehk programmeerijana – вводящим (программу) или программистом

suletud süsteem – замкнутая система

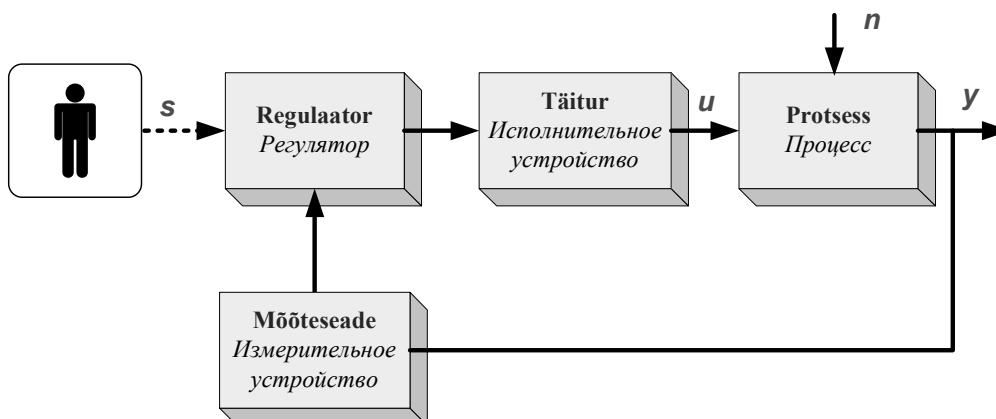
sõltuvalt erinevusest tegeliku ja soovitud tulemuse vahel – в зависимости от разности между действительным и желаемым результатом

tagasiside – обратная связь

teostada järelvalvet – осуществлять надзор

vastavus etteantud kriteeriumitele – соответствие заданным критериям

**Automaatne juhtimissüsteem** ehk **automatiseeritud juhtimissüsteem** on tootmis-, majandus- vms tegevuse juhtimissüsteem, mille puhul kasutatakse juhtseadmetena andmetöötlusvahendeid: regulaatoreid, programmeeritavaid kontrollereid (inglise: *PLC - Programmable Logic Controller*; vene: *программируемый логический контроллер*), tööstus- ning personaalarvuteid jne.

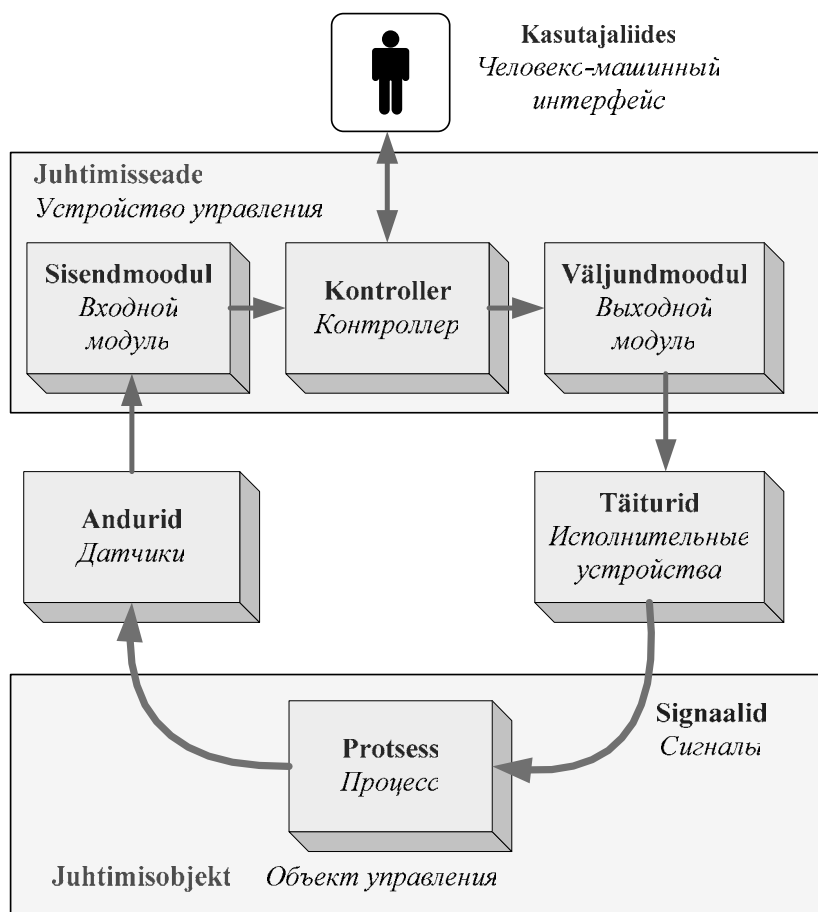


Joonis 1.1.4. Automatiseeritud juhtimissüsteemi plokkskeem.



Juhtimissüsteemis toimub pidevalt informatsiooni vahetus juhtimisseadme ja juhtimisobjekti vahel.

Juhtimissüsteemis analüüsitakse anduritelt saabuvat informatsiooni tagasiside kaudu ja moodustatakse seejärel juhttoimed ehk juhtkäsk täituritele juhtimisprogrammi järgi.



Joonis 1.1.5 Automatiseeritud juhtimissüsteemi struktuur.

Automatiseeritud juhtimissüsteemi põhikomponendid on järgmised:

- juhtimisobjekt – tehnoloogiline protsess (keevitamine, kuumutamine, tükitootmine) või seade (ahi, mootor, katel, valgusti jne);
  - sisendseadmed – lülitid, kontaktid, andurid, mõõteseadmed;
  - sisendmoodulid – signaalmuundurid, võimendid, eraldusplokid, filtrid, kaitseahelad jms;
  - juhtseadmed – kontrollid, juhtarvutid, pidevad või diskreetsed regulaatorid;
  - juhtprogramm – protsessijuhtimise eeskiri;
  - väljundmoodulid – signaalmuundurid, võimendid, kaitseahelad jms;
  - täiturid – releed, elektromagnetid, mootorid, ajamid jt;
  - kasutajaliides – juhtseadme ja protsessi jälgimiseks, juhtimiseks ja programmeerimiseks.
- Kasutajaliides koosneb üld- või eriotstarbelisest kuvarist ning juhitava protsessiga seotud tarkvarast.



### Terminid 1.1.3

analüüsitakse anduritelt saabuvat informatsiooni – анализируется поступающая от датчиков информация

andmetöötlusvahendid – средства обработки данных

automaatne juhtimissüsteem ehk automatiseeritud juhtimissüsteem – автоматическая или автоматизированная система

juhitava protsessiga seotud tarkvarast – (состоит) из программного обеспечения, связанного с процессом управления

jälgimiseks, juhtimiseks ja programmeerimiseks – для наблюдения, управления и программирования

koosneb üld- või eriotstarbelisest kuvarist – состоит из мониторов общего и специального назначения

moodustatakse – образуется

pidevad või diskreetsed regulaatorid – постоянные или дискретные регуляторы

pidevalt toimub informatsiooni vahetus – постоянно действует обмен информации

protsessijuhtimise eeskiri – предписание процесса управления

sisendmoodulid: signaalimuundurid, võimendid, eraldusplokid, filtrid, kaitseahelad – входные модули:

преобразователи сигнала, усилители, разделяющие блоки, фильтры, защитные цепи

sisendseadmed: lülitid, kontaktid, andurid – входные устройства: выключатели, контакты, датчики

tööstus- ning personaalarvutid – промышленные и персональные компьютеры

väljundmoodulid: signaalimuundurid, võimendid, kaitseahelad – выходные модули: преобразователи сигнала, усилители, защитные цепи



### *Kontrollküsimused*

Millistest osadest koosneb juhtimissüsteem?

Tehke selgeks, mis on sisendsuurus, juhttoime, häiringud ning väljundsuurus.

Kuidas inimene võtab osa juhtimisest?

Mis on avatud ning suletud süsteemide erinevus?

Nimetage juhtimissüsteemi põhikomponendid ja nende otstarve.



**Mida veel lugeda.** Naadel, R. Automaatjuhtimise alused. Tallinn: TTÜ elektriainite ja jõuelektronika instituut, 2006.



**Iseseisvaks tööks.** Teema: arvkoovid.

## 1.2. Täiturid

**Peatüki eesmärgid.** Ajamite ja täituri tähtsamad põhimõisted ja nende liigitus.

Juhtimisobjekt on seade või protsess, mida üldse soovitakse juhtida. See on ainukene osa automaatjuhtimissüsteemist, mille parameetreid ei saa muuta, mistõttu moodustab see juhtimissüsteemi aluse, mille ümber ehitatakse juhtimissüsteem.



**Mõelge.** Mis on juhtimisobjekti parameetrite valimise aluseks?

**Täitur** (ingl. *actuator*) on automaatjuhtimissüsteemi osa, mis võimendab ja muudab juhttoime juhitavale protsessile vastuvõetavaks. Kontrolleri väljundplokist väljastatakse informatsioon väljunditele, milleks on täiturid. Nende abil toimub protsessi juhtimine.

Tehniliselt koosneb täitur mitmetest seadmetest, nt ajamitest ning nendele rakendatavatest elementidest.

**Ajam** (ingl. *drive*) on töömasinat või -mehhanismi käivitav seade, mis koosneb energiaallikast, ülekandeseadmest ja juhtimisseadmest.

Ajamite tüübid:

- mehaaniline ajam
- elektrijam (elektrimootor, elektromagnet jne)
- hüdroajam (silinder, mootor)
- pneumoajam (silinder, mootor)
- kombineeritud ajam

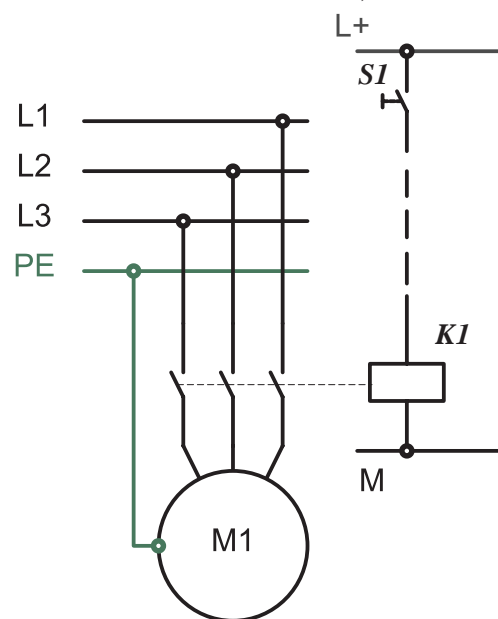


**Iseseisvaks tööks.** Teema: elektrimootorite tüübid ja nende tööpõhimõte.



**Mida veel lugeda.** М. Кацман, «Электрические машины автоматических устройств», 2004.

Tavaliselt kasutatakse elektrimootori käivitamiseks **kontaktorit**, mis täidab skeemis võimendi funktsiooni.



Joonis 1.2.1. Kolmefaasilise asünkroonmootori M1 käivitamisskeem, kus K on kontaktor ja SI on surunupp.

Kontaktori mähise K1 pingestamisel ühendavad kontaktori kontaktid asünkroonmootori M1 kolmefaasilisse vahelduvvoolu toitevõrku. Elektrimootori pöörlemissuuna muutmiseks tuleb muuta võrgupinge faaside järjestust.



**Mõelge.** Milline võib olla kontaktori mähise toitepinge?



**Terminid 1.2.1**

elektrimootori käivitamiseks – для включения электромотора  
juhtimissüsteemi alus – основание системы управления  
kasutatakse kontaktorit – используются контактор  
kolmefaasilise toitevõrguga – с трехфазным питающим током

kontaktori mähise K1 pingestamisel – при подаче напряжения на катушку контактора  
 mehhanismi käivitav seade – устройство, включающее механизм  
 pöörlemissuuna muutmiseks – для изменения направления вращения  
 vastuvõetavaks – воспринимаемым  
 võimendab – усиливает  
 võrgupinge faaside järjestust – последовательность фаз переменного тока  
 väljastatakse informatsioon väljunditele – информация поступает на выходы

Elektrimootori mitmekordseks käivitamiseks kasutatakse elektroonilisi *türistorlüüteid*.

Elektrimootori kõige kaasaaegsemaks juhtseadmeks on *sagedusmuundurid*, mille abil on võimalik valida muutuvate koormustega erinevaid elektrimootori käivitamis- ja peatamisrežiime. On olemas võimalus reguleerida ka pöörlemissagedust.

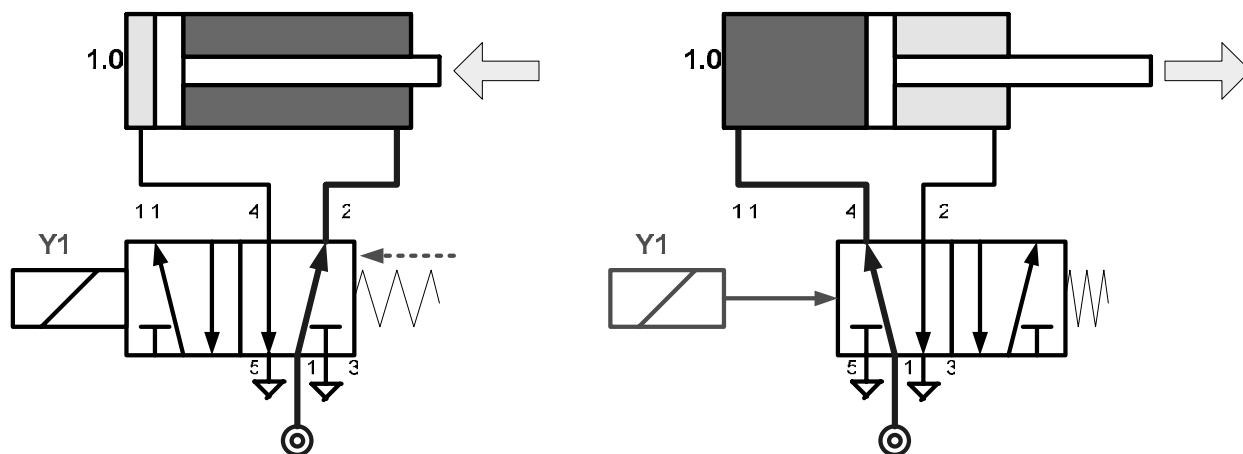
Tööorgani positioneerimiseks kasutatakse tihti spetsiaalseid samm-mootoreid, mille määratud pöörlemisnurk vastab ühele juhtimisimpulsile.



### Terminid 1.2.2

käivitamis- ja peatamisrežiim – режим включения (разгона) и режим останова  
 mitmekordseks käivitamiseks – для многократного включения  
 muutuvate koormustega – с изменяющимися нагрузками  
 pöörlemissagedus – частота вращения  
 sagedusmuundurid – преобразователи частоты  
 samm-mootorid – шаговые моторы  
 türistorlülitid – тиристорные ключи

Pneumaatilisi või hüdraulilisi ajameid juhitakse *jaoturite* abil. Kõige levinum nii pneumo- kui ka hüdroajam on silinder, mis koosneb liikumatust silindrilisest korpusest ning liikuvast kolvist. Kolvi liikumise põhjuseks on sururõhu erinev rõhk silindri kambrites.



Joonis 1.2.2. Silindri juhtimine.

Juhtimissignaali mõjul (elektromagneti käivitamisel) muudab jaotur suruõhu sisse- ning äravoolu suunda. Sellega muutub ka silindri kolvi liikumissuund.

Õhu kokkusurumise tõttu on pneumoajamit väga raske positioneerida. Vedelik on praktiliselt kokkusurumatu. Hüdroajamiga täpselt positioneerimiseks on kasutusel proportsionaljaoturid.



### Terminid 1.2.3

asetama vahepositsiooni – установить в промежуточное положение

hüdro- või pnemojaotur – гидро- или пневмораспределитель

juhtimissignaali mõjul – под действием управляющего сигнала

kolb – поршень

kolvi liikumise põhjuseks – причиной движения поршня

koosneb liikumatust silindrilisest korpusest – состоит из неподвижного цилиндрического корпуса

liikumissuund – направление движения

muudab suruõhu sisse- ning ära voolu suunda – изменяет направление притока и оттока сжатого воздуха

parameetrid – параметры

positsioneerimine – позиционирование

praktiliselt kokkusurumatu vedelik – жидкость практически несжимаема

proportsionaaljaoturid – пропорциональные распределители

silinder – цилиндр

täpseks positsioneerimiseks – для точного позиционирования

õhu kokkusurumise tõttu – по причине сжимаемости воздуха



**Mõelge.** Kas silindri kolvi saab ülaltoodud skeemil asetada vahepositsiooni?



**Ülesanne 1.2.1** Koostage elektriskeem asünkroonmootori pöörlemissuuna muutmiseks joonisel 1.2.1 toodud skeemi järgi. Skeemil on kaks kontaktorit. Mitut surunuppu on vaja mootori juhtimiseks?



**Mida veel lugeda.** Teema: pneumaatika, elektropneumaatika.

## 1.3. Regulaatorid

**Peatüki eesmärgid.** Regulaatori ning programmi põhimõisted. Programmeeritavad kontrollid.

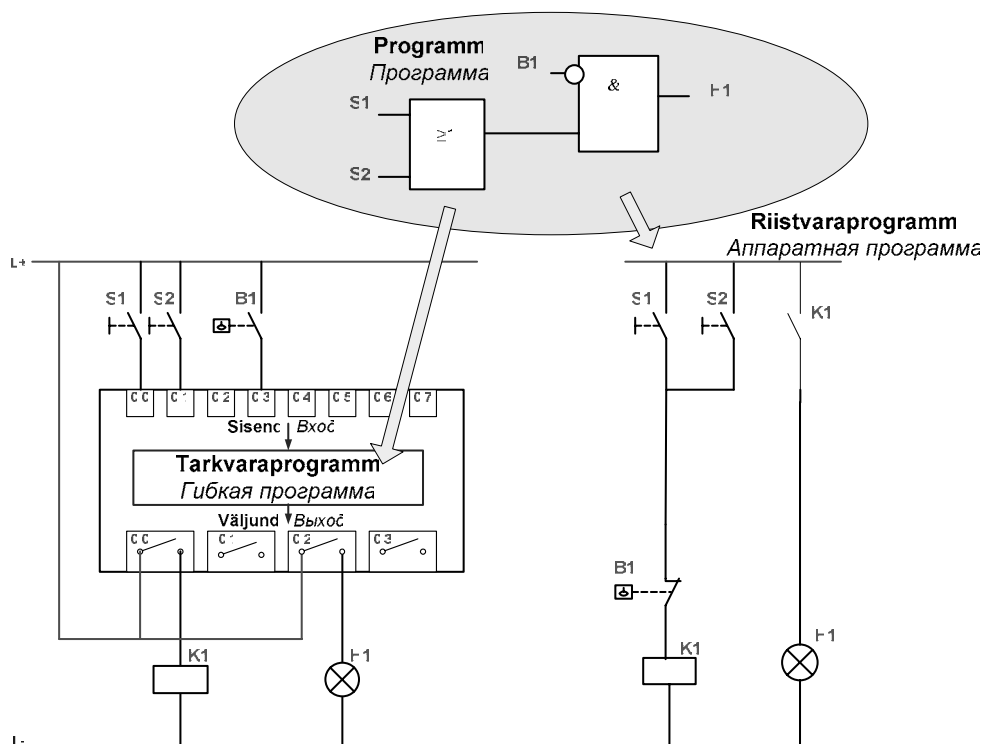
**Regulaator** – automaatsuhtimissüsteemi osa, mis töötleb mõõteaparatuurist saabuvat infot etteantud programmi järgi ning väljastab täiturile käsud. Praktikas kasutatakse regulaatorina spetsiaalseid elektroonilisi seadmeid või programmeeritavaid kontrollereid.

**Programm** – protsessijuhtimise eeskiri. Programm koosneb käskudest, mis täidetakse ettemääratud tingimuste täitmisel ning tingimustega seotud järjekorras.

<b>LD</b>	<b>S1</b>	<i>Nupu S1 esmaväärtus</i>	<b>O</b>	<b>S2</b>	<i>Loogiline tehe OR</i>
					<i>nupu S2 väärtusega</i>
<b>AN</b>	<b>B2</b>	<i>Loogiline tehe AND NO anduri B2 väärtusega</i>			
<b>=</b>	<b>K1</b>	<i>Kui tingimused on täidetud, siis lülitada K1 sisse</i>			
<b>LD</b>	<b>.....</b>	<i>Järgmine programmi plokk</i>			
<b>.....</b>					
<b>=</b>	<b>.....</b>				

Joonis 1.3.1. Programmi näide.

Programmid liigitatakse **riistvara- ning tarkvaraprogrammideks**. Riistvaraprogrammide hulka kuuluvad erinevad riistseadmed (nt pneumaatilised, elektrilised, elektroonilised skeemid), mis on ette nähtud spetsiaalsete funktsioonide täitmiseks. Need riistseadmed töötavad etteantud programmi järgi. Nende ümberprogrammeerimine on seotud riistvaraseadme muutmise (näiteks skeemi muutmine). Tarkvaraprogrammid edastatakse elektroonilisel kujul ning säilitatakse elektroonilises mälus. Tarkvaraprogrammi ümberprogrammeerimine ei nõua riistvaraseadme muutmist.



Joonis 1.3.2 Programmid võib realiseerida nii riistvara- kui ka tarkvaraprogrammina.



### Terminid 1.3.1

esmärväärtus – первичное значение

etteantud programmi järgi – по заданной программе

kui tingimused on täidetud – если условия выполнены

loogiline tehe – логическое действие

on seotud riistvaraseadme muutmise (ga) – связано с изменением аппаратного устройства

protsessijuhtimise eeskiri – предписание по управлению процессом

riistvaraprogrammide hulka kuuluvad erinevad riistvaraseadmed – к жестким программам принадлежат различные аппаратные устройства

spetsiaalsete funktsioonide täitmiseks – для выполнения специальных функций

tarkvaraprogrammid edastatakse elektroonilisel kujul – виртуальные программы передаются в электронном виде

tingimustega seotud järjekorras – в последовательности, связанными с условиями

täidetakse ettemääratud tingimuste täitmisel – выполняется при условии выполнения заданных условий

väljastab käsud – выдает (производит) команды

ümberprogrammeerimine – перепрограммирование



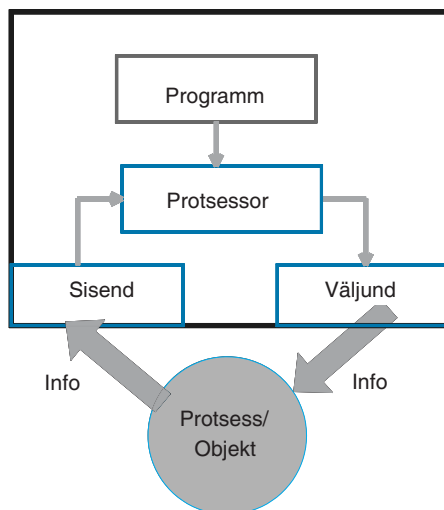
**Mõelge.** Juhtimisprogrammi kirjutatakse sümbolitega. Kas juhtimisseade on võimeline aru saama sellisel kujul esitatud programmist?

**Programmeeritavad kontrollid** on programmjuhtimisseadmed, mis juhivad tehnoloogilist protsessi või seadet varem koostatud programmi järgi.

**Protsessor** – seade, mis korraldab infovahetust kontrolleri plokkide vahel.

Programmjuhtimine koosneb järgmistest etappidest.

1. Protsessor pärib kõigi sisendite olekuid ning salvestab need vahemällu. Vastav päringuprogramm on ka salvestatud kontrolleri juhtimissüsteemi.
2. Protsessor töötleb saadud infot kasutajaprogrammi järgi.
3. Protsessor kirjutab uued olekud väljundkaardile.



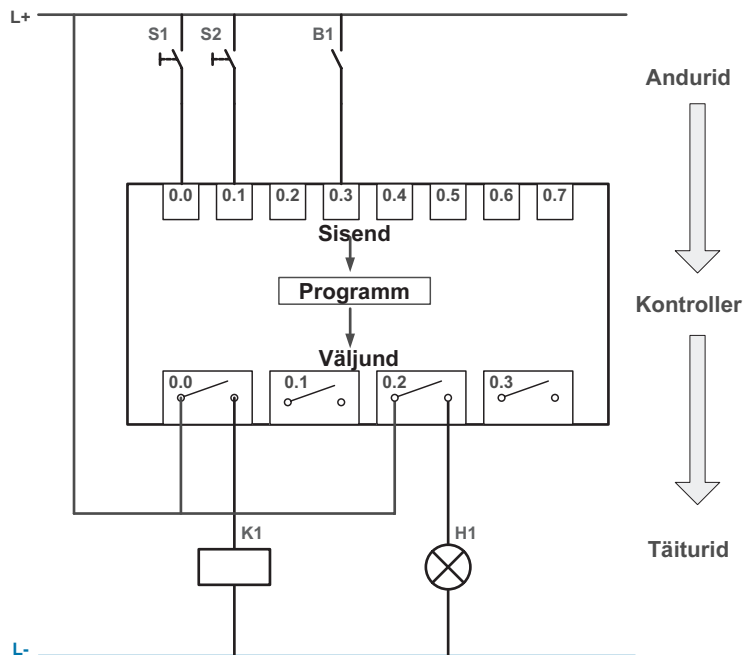
Joonis 1.3.3. Kontrolleri juhtimise etapid.

Programmeeritava kontrolleri tööpõhimõte on järgmine. Teatud ajahetkel saabub andurilt signaal kontrolleri sisendplokkis. Keskplokis töötav protsessor kontrollib teatud ajavahemiku järel mällu salvestatud programmi järgi sisendite olekut sisendplokkis. Sõltuvalt sisendplokkist saadud informatsioonile saab protsessor programmi põhjal otsustada, millise väljundi olekut väljundplokkis tuleb muuta.



Joonis 1.3.4. Kontrolleri üldvaade.

Elektriliselt ühendatakse kõik lülited ja andurid kontrolleri sisendiga, aga täiturid väljundiga.



Joonis 1.3.5. Kontrolleri elektriskeem.



**Mõelge.** Mil määral peab teadma programmeerija ja seadistaja kontrolleri tööpõhimõtet ja tema ehitust?



### Terminid 1.3.2

iga teatud ajavahemiku järel – после каждого известного промежутка времени  
kirjutab uued olekud väljundkaardile – записывает новые состояния в карту выхода  
programmi põhjal – на основе программы  
programmjuhtimisseadmed – устройства программного управления  
pärib kõigi sisendite olekuid – опрашивает все состояния входов  
saabub anduritelt signaal – поступает сигнал от датчиков  
salvestab need vahemällu – сохраняет их в промежуточную память  
seadistaja – настройщик  
sisendite olekud – состояния входов  
sõltuvalt sisendplokist saadud informatsioonile – в зависимости от поступившей из блока входа информации  
teatud ajahetkel – в известный момент времени  
tuleb muuta – придется изменить  
tööpõhimõte – принцип действия  
väljundi olekud – состояния выхода  
ühendatakse kontrolleri sisendiga – соединяется со входом контроллера



**Mida veel lugeda** <http://www.automation-drives.ru/news/>



**Ülesanne 1.3.1.** Koostage kontrolleri elektriskeem asünkroonmootori pöörlemis-suuna muutmiseks joonisel 1.2.1 toodud skeemi järgi. Skeemil on kaks kontaktorit ja kolm nuppu.



## 2. Infotöötlus

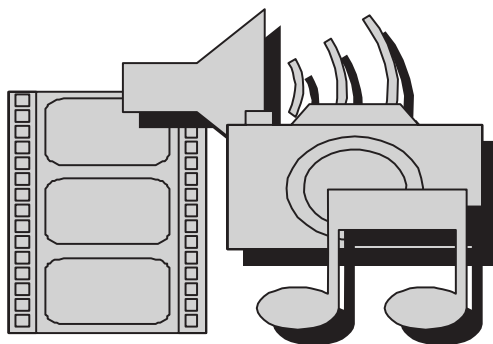
### 2.1. Informatsioon

**Peatüki eesmärgid.** Informatsiooni esitus ja omadused.

**Informatsioon** (ladina: *informatio*) – andmed, teated.

Küberneetikas mõeldakse informatsiooni ehk info all teateid, mille kaudu on seotud juhtimissüsteemi elemendid või alamsüsteemid.

Informatsiooni allikate näited: raamatud (tähed, arvud, sõnad, pildid), fotod, failid jmt.



Joonis 2.1.1. Informatsiooni kujund.

Informatsioon koosneb **infomärkidest**. Infomärk on infot toov materiaalne objekt. Tähistus „infomärk” on seotud rohkem info kandjaga. Mitu märki moodustavad infoteabe?



Joonis 2.1.2. Infoteabe näide.

Tavaliselt on informatsioon kodeeritud. Info **kodeerimine** – infotajumise kokkulepe info saatja ja info vastuvõtja vahel.

Nt peanoogutus tähendab meie kultuuris nõusolekut, kuid mõnel teisel rahvusel võib see tähendada hoopis eitust. Täht „punkt- kriips” morsetähestikus vastab „A” tähele.



Joonis 2.1.3. Morsetähestiku näide.



- Mõelge.** 1. Tooge näiteid kõige väiksema infot toova infomärgi kohta.  
2. Analüüsige lülitit kui infoallikat.



#### Terminid 2.1.1

andmed – (информационные) данные  
infokandjad – носители информации  
infomärk – знак информации

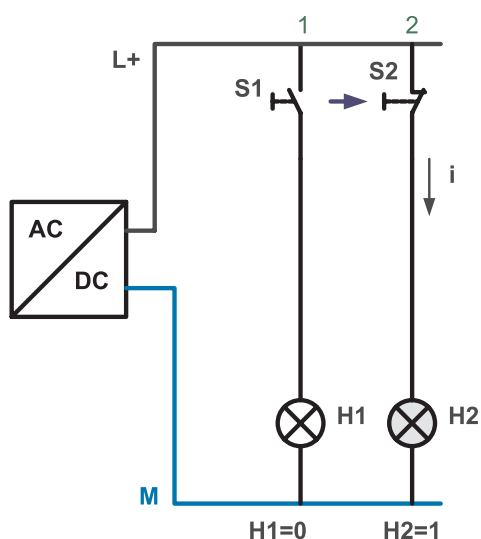
infotajumise kokkulepe – договор о восприятии информации  
kodeerimine – кодирование  
kujund – изображение

Informatsiooni saab mõõta. Kõige väiksem *infoühik* on **1 bitt**, mis vastab loogilisele olekule „tõene” või „väär”. Biti arvavaldisele vastavad kahendarvud 0 või 1. See tähendab tegelikkuses seda, et loogilist informatsiooni on võimalik esitada matemaatiliselt. Seejuures on vaja mõista, et loogiline 0 on ka info. **1 bitt – kõige väiksem infoühik, kahendarvukoht. Biti olekud on 0 või 1.**



Joonis 2.1.4. Ühe biti kujund.

Elektrotehnikas vastab ühele bitile elektri ahela olek: elektrivool on olemas (lülitid on sisse lülitatud) või elektrivoolu ei ole (lülitid on välja lülitatud).



Joonis 2.1.5. Elektri ahelate loogilised olekud.

Elektroonikas vastab ühele bitile pooljuhtmälu pesa ehk triger, millel on ainult kaks olekut.



- Mõelge.** 1. Tooge teisi näiteid ühe biti avaldisele.  
2. Kas ühest bitist piisab objekti lõpu- ning vahepositsiooni määramiseks?

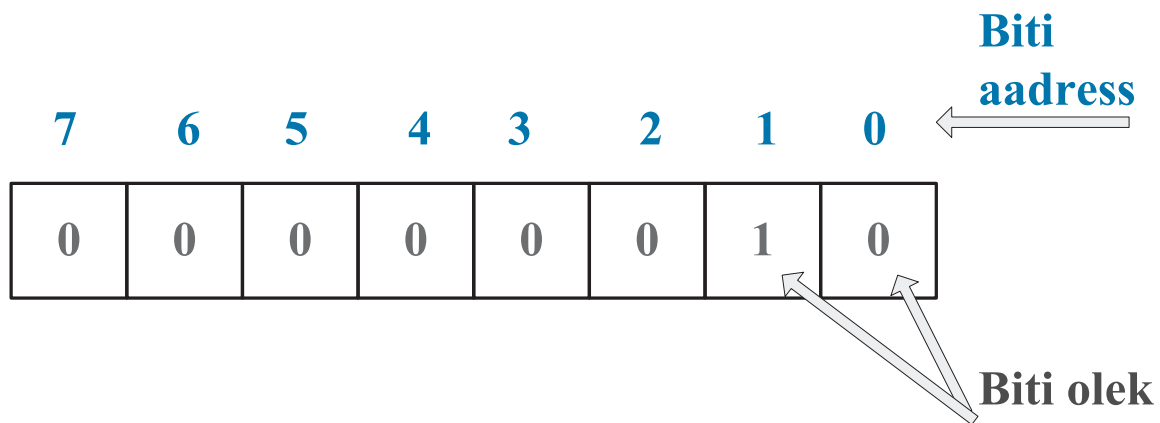


### Terminid 2.1.2

arvavaldis – числовое выражение  
bait – байт  
bitt – бит  
elektri ahela olek – состояние электрической цепи  
infoühik – единица информации  
kahendarvukoht – разряд двоичного числа  
loogiline olek – логическое состояние  
objekti lõpu- ning vahepositsiooni määramiseks –  
для определения конечного и  
промежуточного положения (позиции)  
objekta

pooljuhtmälu – полупроводниковая память  
sisse lülitatud- включен  
triger – триггер  
tõene – верное  
väljalülitatud – выключен  
väär – ложное  
väärtus – значение, ценность

Mitu bitti moodustavad *mitmebitilised ühikud*. Mitmebitilise ühiku all tuleb mõista mingit kahendarvu, mille pikkus on määratud bittide arvuga. Igal bitil on selles ühikus oma aadress.



Joonis 2.1.6. Bittide aadressid ja olekud

Mida suurem on mitmebitilise ühiku pikkus, seda rohkem kahendarvude kombinatsioone ehk piirkondi (teiste sõnadega, mitu kahendarvu saab esitada antud ühiku abil).

Infoühikute parameetrid:

- infoühiku pikkus bittides (*SIZE n*);
- arvude piirkond (*RANGE*), piirkonna algus - piirkonna lõpp,  $2^n$  arvu.

Alljärgneval joonisel on esitatud baidi parameetreid.



Joonis 2.1.7. Infoühikute parameetrid.

Tabel 2.1.1 Infoühikud.

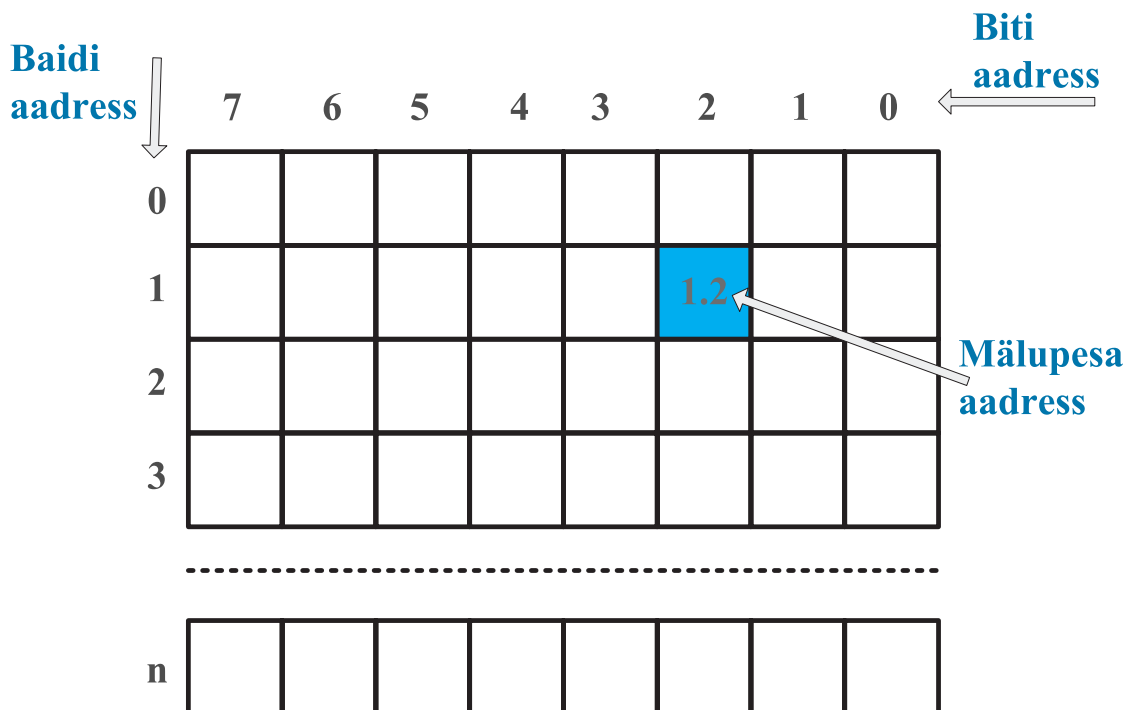
Ühikud ( <i>ingl.</i> )	Võtmesõna ( <i>ingl.</i> )	Info pikkus, bitt	Piirkond, 0 ... (2 <sup>n</sup> - 1)
<b>Bitt</b>	<i>BOOL</i>	kahendarvu koht	0, 1
<b>Bait</b>	<i>BYTE</i>	8	0 ... 255
<b>Infosõna</b>	<i>WORD</i>	16	0 ... 65535
<b>Topeltsõna</b>	<i>DWORD</i>	32	0 ... (2 <sup>32</sup> - 1)
<b>Pikk sõna</b>	<i>LWORD</i>	64	0 ... (2 <sup>64</sup> - 1)



**Mõelge.** Kui kodeerida arvumärki ühe biti abil (nt, „-“ on 1, aga „+“ on 0), siis millised piirkonnad vastavad mitmebitilistele ühikutele?

Mälu, kuhu salvestatakse info, kujutab endast *mälupesade maatriksit*. Igal mälupesal on ainult kaks olekut: 0 või 1, mis on ühe biti olekud. Mälupesad nummerdatakse järjekorras ning neid numbreid kasutatakse mälupesade aadressina.

Protsessor pärib mälu info järele kas biti- või teises mitmebitilises formaadis.



Joonis 2.1.8. Maatriksi mälupesade adresseerimine.



**Mõelge.** Mitu mälupesade sisaldab mälu kiip suurusega 1MB (Megabait)?



### Terminid 2.1.3

arvude piirkond – диапазон чисел

avaldis – выражение (представление)

kahendarv – двоичное число

kombinatsioon – комбинация

kujutab endast mälu pesade maatriksit – представляет из себя матрицу (ячеек) памяти

mälukiip (integraallülitus) – интегральная микросхема памяти

moodustavad mitmebitilised ühikud – образуют многобитовые единицы

pärima – осведомляется (опрашивает)



### Kontrollküsimused

1. Millistest osadest koosneb info?
2. Mis on info kodeerimine?
3. Mis on kõige väiksem infoühik?
4. Tooge ühe biti avaldis elektrotehnikas.
5. Nimetage infoühikute parameetrid.
6. Nimetage mitmebitilised ühikud ja nende parameetrid.
7. Mida nimetatakse biti aadressiks?
8. Nimetage vasaku biti aadress infosõnas.
9. Mida nimetatakse mälu pesa aadressiks?
10. Nimetage kolmanda baidi vasaku mälu pesa aadress.

## 2.2. Signaalid

**Peatüki eesmärgid.** Signaalide põhimõisted ning nende liigitus.

Info ülekandmise põhimõisted.

1. Info edastamise protsess on seotud keskkonnaga. **Infokeskkonnaks** võib olla igasugune energia liik, mille kaudu edastatakse info (nt suruõhk, elekter, valgus jne).
2. Info edastamine toimub füüsilise protsessi käigus, mida iseloomustatakse füüsikaliste suuruste muutmisega.
3. Info ülekandmine toimub alati info saatja ja info vastuvõtja vahel.
4. Info edastamiseks on kindel tingimus nii info kodeerimise kui ka tajumise kohta (nt üks elektrivoolu (pinge) väärtus elektri ahelas loetakse loogiliseks nulliks, aga teine väärtus – loogiliseks üheks).

**Signaal** – juhtimissüsteemis toimuv sündmus, mida iseloomustatakse füüsikaliste suuruste muutmisega ning millega toimub info edastamine vastuvõtjale.

Signaale saab eristada nii vormi kui ka keskkonna järgi.



**Mõelge.** Analüüsige muusika kuulamise protsessi (CD plaadilt). Jagage see süsteem osadeks: info saatja, info vastuvõtja, keskkond, infomärgid, infokandja.

Suur osa looduslikest ja tehnilistest protsessidest on pidevatoimelised, st neid iseloomustavad pidevatoimelised olekusignaalid, mida saab mõõta või hinnata suvalisel ajahetkel ja millel on lõpmatu arv olekuid. Pidevatoimelisi signaale nimetatakse **analoogsignaalideks** (*analogue signal*).



## Terminid 2.2.1

analoosignaali – аналоговый сигнал

info saatja ja info vastuvõtja vahel – между передатчиком и приёмником информации

liigitage see süsteem osadeks – подразделить систему на части

liigitama – подразделять

loogiline null (üks) – логический ноль (единица)

lõpmatu arv – бесконечное число

pidevatoimelised – постоянно действующие

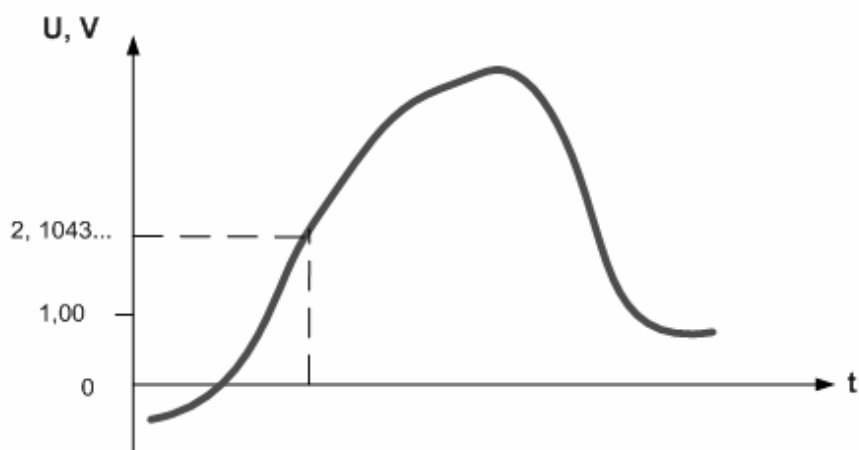
suur osa looduslikest (signaalidest) – большая часть природных (сигналов)

suvalisel ajahetkel – в произвольный момент времени

Analoosignaali muutub katkematult ehk pidevalt. Mõnda analoosignaali olekut kirjeldatakse lõpmatute arvudega. See tähendab, et analoosignaali väärtust on võimalik mõõta ja hinnata ainult etteantud ümardusega.

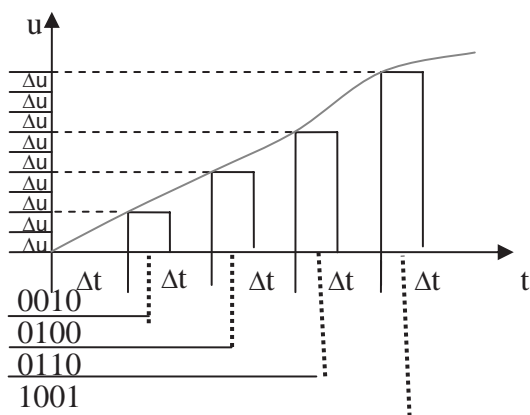
Sellest järeldub, et analoosignaali pole võimalik arvutustehnika abil otse ümber töödelda.

Sel eesmärgil muudetakse analoosignaali vorm teiseks vormiks – diskreetsignaalsiks.



Joonis 2.2.1. Analooosignaali näide.

**Kvantimine** on signaalitöötlemise operatsioon, millega pidevsignaali omistatakse kindlaks ajavahemikuks diskreetne ehk muutmatu väärtus. Seetõttu nimetatakse antud protseduuri ka **diskreetmiseks** (ingl. *sample, sampling*). Diskreetmine toimub nii signaali nivoo järgi kui ka ajas.



Joonis 2.2.2. Analooosignaali muutmise diskreetsignaalsiks:  
 $\Delta t$  - kvantimisesamm aja järgi;  $\Delta u$  - kvantimisesamm nivoo järgi.



**Mõelge.** 1. Kas diskreetsignaali võivad olla olekud, mida kirjeldatakse lõpmatute arvudega?  
2. Mis eesmärgil muudetakse analoogsignaali diskreetsignaaliks?



### Terminid 2.2.2

diskreetsignaali – дискретный сигнал

kvantimine – квантирование

muutmata väärtus – неизменное значение

muutub katkematult ehk pidevalt – изменяется непрерывно или постоянно

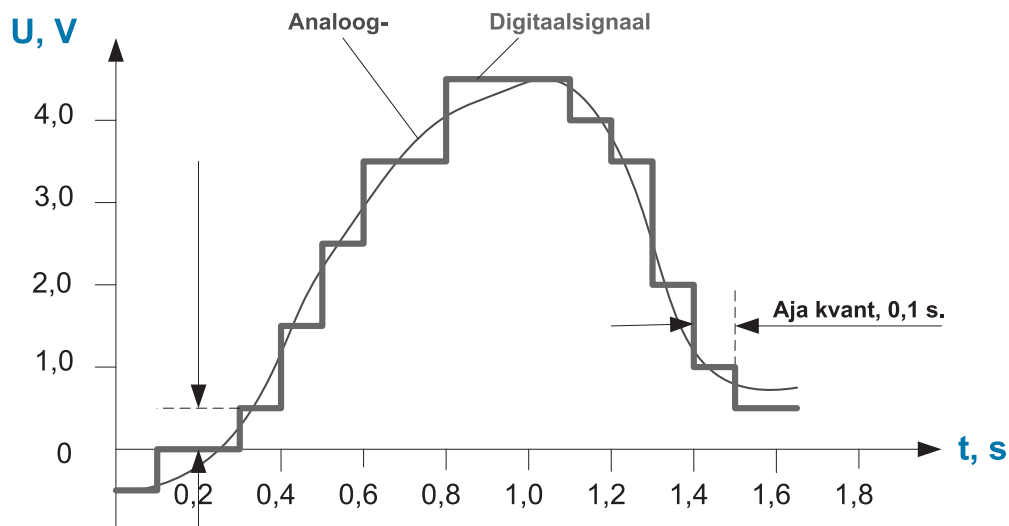
nii signaali nivoo järgi kui ka ajas – как по уровню, так и по времени

ümber töödelda – обработать

Diskreetsignaali jagunevad:

- impulss-signaali jaoks;
- arvsignaali jaoks ehk digitaalsignaali jaoks.

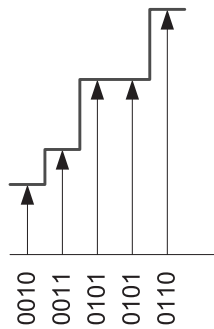
**Digitaalsignaali** ehk **arvsignaali** on selline diskreetsignaali, mille kodeerimiseks kasutatakse arvkoode.



Joonis 2.2.3. Analoog- ning digitaalsignaali.

Väga levinud on informatsiooni kodeerimine kahendkoodiks.

Digitaalsignaali on analoogsignaali esitus, millel on lõplik arv olekuid ning iga olek on võimalik esitada piiratud arvuga.



Joonis 2.2.4. Digitaalsignaali nivoo esitatakse piiratud arvuga (nt kahendarvuga).

Digitaalsignaali on analoogsignaali võrreldes peaaegu alati erinevus. See mõõteviga sõltub arvu pikkusest (ehk arvkohtadest), mis on ette antud digitaalsignaali väljendamiseks. Absoluutne viga on sellisel juhul lahknemise tulemus tegelike ning ümardatud arvude vahel.

Joonis 2.2.5. Analoog- ning digitaalsignaali väärtuste erinevus. Näide.

2,843
-2,8
0,043



**Mõelge.** Arvutage kümnendarvudena, kui suur on maksimaalne absoluutviga joonisel 2.2.5 esitatud näidisel.



### Terminid 2.2.3

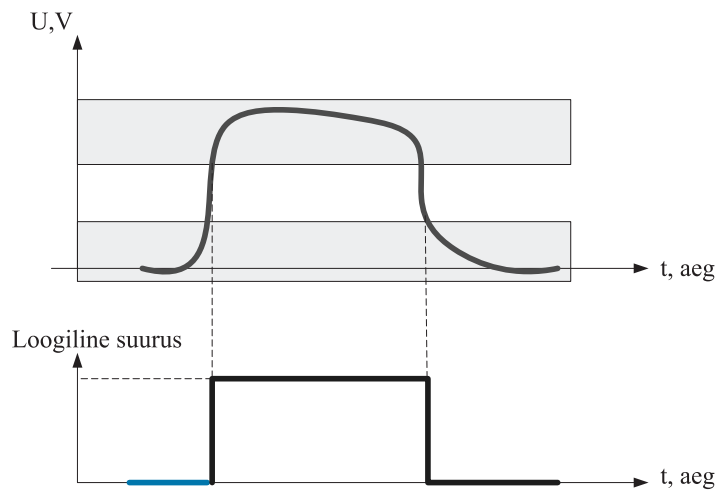
- absoluutviga – абсолютная ошибка
- arvkood – числовой код
- impulss-signaal – импульсный сигнал
- kümnendarv – десятичное число
- lahknemise tulemus – результат вычитания
- nivoo – уровень
- ümardatud arvud – округлённые числа

Diskreetsignaali eriline vorm on binaarsignaali, millel on ainult kaks olekut.

**Binaarsignaali** (*binary signal*) – signaal, millel on ainult kaks füüsilise suuruse fikseeritud nivood: alumine ja ülemine. Alumisele ning ülemisele nivoole vastavad kahendarvu olekud: loogiline null ning loogiline üks.

Praktikas vastab igale diskreetsignaali nivoole konkreetse seadme füüsilise suuruse piirkond. Nt standardiga 24V DC kontrolleri sisendite jaoks loogilisele ühele vastab piirkond alates 15V-st kuni 30V-ni, aga nullile – -3V-st kuni +5V-ni. Vahepiirkond 5V-st kuni 15V-ni on ebamäärane. See tähendab tegelikult seda, et sellel piirkonnal võib diskreetsignaali väärtus olla nii null kui ka üks, mis sõltub erinevatest juhuslikest teguritest (nt temperatuurist).





Joonis 2.2.6. Binaarsignaali.



**Mõelge.** Tooge binaarsignaali näiteid elektrotehnikas.



**Mida veel lugeda.** Калабеков. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. Москва: Горячая линия – Телеком, 2005.



#### Kontrollküsimused

1. Mis on signaal?
2. Nimetage signaali tüübid primaarenergia järgi.
3. Nimetage signaali tüübid vormi järgi.
4. Millised arvulised väärtused võivad olla analoogsignaali?
5. Mis on diskreetsignaali?
6. Mis on digitaalsignaali?
7. Mis on digitaalsignaali absoluutviga?
8. Millisel signaalil on kaks nivood?
9. Milline loogiline suurus vastab ülemisele ning alumisele signaali nivoole?
10. Milline loogiline suurus vastab ebamäärasele signaali piirkonnale?

## 2.3. Andurid

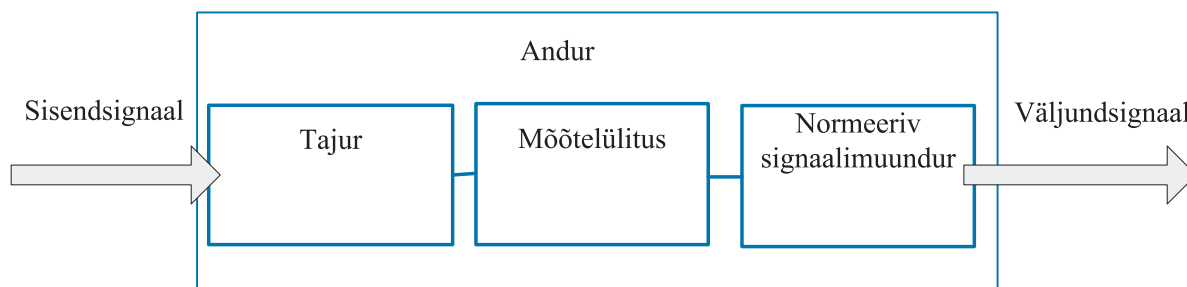
**Peatüki eesmärgid.** Andurite põhimõisted, nende liigitus ning näited laialtkasutatud anduritest automaatikas.

**Andur** – seade, mis muudab mõõdetava füüsilise suuruse (nt rõhu, temperatuuri, objekti oleku jne) teiseks füüsiliseks suuruseks (tavaliselt elektriliseks), mida on parem võimendada, mõõta, edastada või töödelda.

Enamikes andurites toimub signaalide muundamine kahes etapis. Primaarmuundurid muundavad signaali liiki, nt mehaanilise suuruse elektriliseks. Teiseks viivad sekundaarmuundurid signaali standardsele ehk normeeritud kujule. Anduri primaarmuundurit nimetatakse ka *tajuriks* või sensoriks.

Elektrilise tajuri väljundsuuruste mõõtmiseks kasutatakse mitmesuguseid mõõtelülitusi. Sekundaarmuunduriteks võivad olla erinevad seadised nagu võimendid, analoog-digitaalmuundurid (A/D), digitaal-

analoogmuundurid (D/A), impulsi- ja koodimuundurid vms. Seega koosneb andur füüsilise suuruse muundamiseks ettenähtud tajurist, mõõtelülitusest ning normeerivast signaalimuundurist.



Joonis 2.3.1. Anduri üldine struktuur.

Andurite liigitus sisendsuuruste järgi:

- mehaaniliste sisenditega (süü kuuluvad kõik liikumisparameetrid nagu kehade asend, siire, kiirus, kiirendus ja tõuge ning samuti kehadele toimivad jõud, momendid ja rõhk);
- termilise sisendiga (soojusandurid);
- optilise sisendiga (valgusandurid);
- elektromagnetilise sisendiga;
- elektrilise sisendiga.

Andurite liigitus edastatavate signaalide vormi järgi:

- analoogsignaale edastavad andurid ehk pidevatoimelised andurid;
- diskreetsignaale edastavad andurid;
- arvsignaale edastavad andurid.



**Mõelge.** Tooge teile teadaolevate andurite näiteid.



### Terminid 2.3.1

analoog-digitaalmuundurid – аналогово-дигитальный преобразователь

andur – датчик

energia liik – вид энергии

füüsilised suurused – физические величины

kiirendus – ускорение

koodimuundur – преобразователь кода

liigitus – подразделение

liikumisparameetrid – параметры движения

mõõdetav füüsikaline suurus – измеряемая физическая величина

primaar- sekundaarmuundurid – примарные (первичные)- секундарные (вторичные) преобразователи

siire – перемещение, перенос

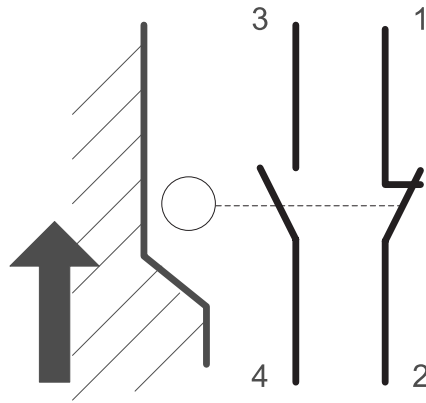
toimiv jõud – действующая сила

tõuge – толчок

ühekiirelise valgusanduri tööprõhimõte – принцип действия однолучевого светового датчика

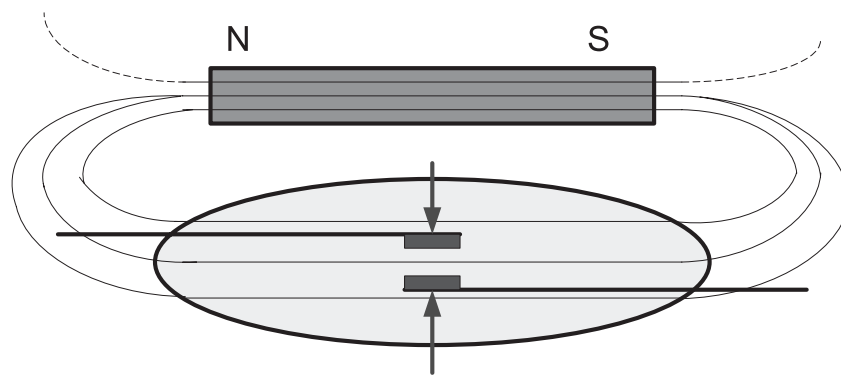
viiavad normeeritud kujule – приводят к нормированному виду

**Piirlüliteid** (*limit switches*) kasutatakse peaaegu kõigis automaatikaga seotud rakendustes. Piirlülid on asendianduritena kasutatavad lülid, kus kontaktide suletud või avatud olek sõltub neid kätava mehhanismi asendist.



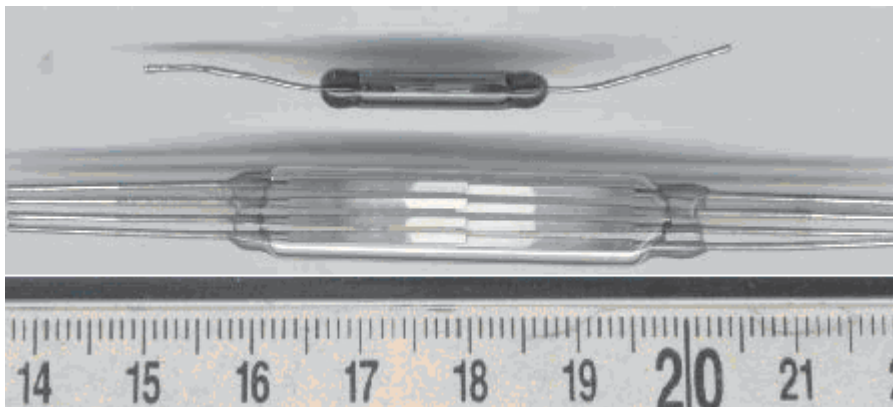
Joonis 2.3.2. Piirlüliti tööpõhimõtet selgitav elektriskeem.

**Keelkontaktajurid.** Magnetmaterjalist keelkontaktid on magnetväljale reageerivad diskreetse toimega tajurid. Keelkontaktid asuvad inertsgaasiga, nt argooniga täidetud hermeetilises klaaskestas.



Joonis 2.3.3. Keelkontakti ehitus.

Keelkontaktide tööerakendamiseks tuleb tekitada magnetvoog, mis läbib kontaktide vahelist õhupilu. Magnetvoo tekitamiseks võib kasutada püsिमagnetit.



Joonis 2.3.4. Keelkontaktid.



**Mõelge.** Mis eelised on keelkontaktil võrreldes piirlülitiga? Kas on võimalik vahetada piirlüliti keelkontakti vastu?

**Diskreetse väljundiga lähedusandur** koosneb tavaliselt kõrgsagedusgeneraatoril põhinevast tajurist, signaalimuundurist ja võimendist. Tajurit iseloomustavad tööpõhimõte (induktiivne või mahtuvuslik),

kasutusotstarbest sõltuvad kuju ja mõõtmed ning põhilised tehnilised näitajad nagu tundlikkus või tundlikkuse sõltuvus mõõdetava objekti ja tajuri vahelisest kaugusest, väljundsignaali hüstereesi olemasolu vms.



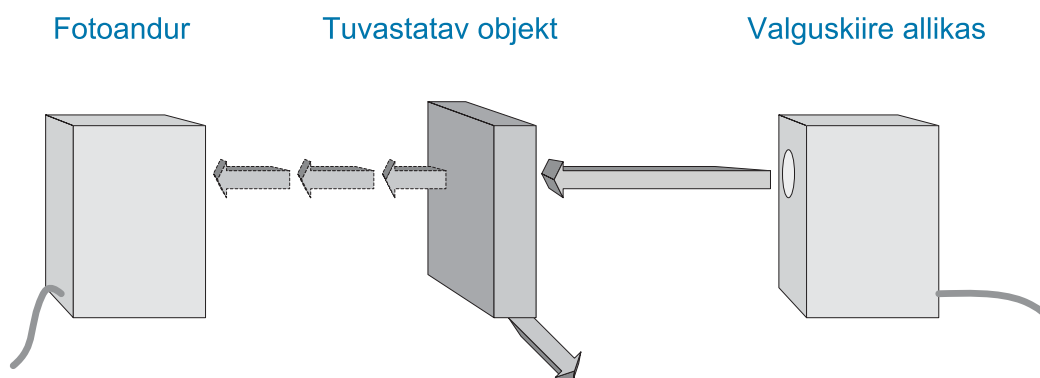
Joonis 2.3.5. Lähedusandurid.



**Mõelge.** Millised eelised on lähedusanduril piirlülitiga võrreldes? Kas on võimalik vahetada piirlüliti lähedusanduri vastu?

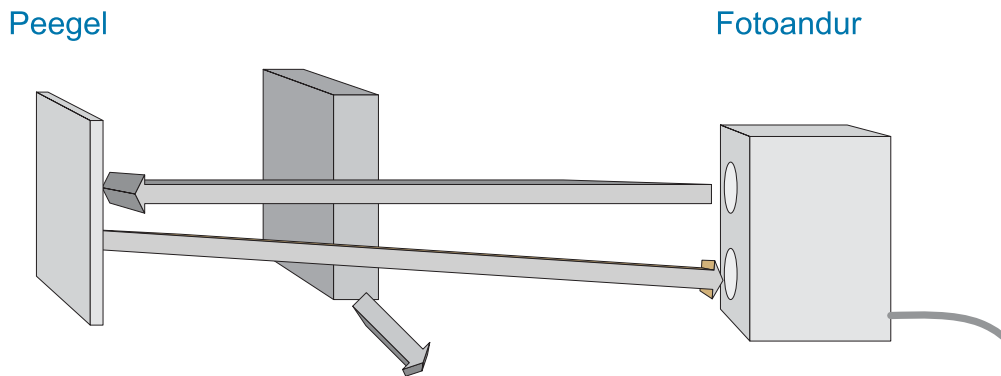
**Induktiivsed ja mahtuvuslikud** lähedusandurid on automaatikasüsteemide tähtsaks komponendiks. Nendega saab koguda infot masinate ja tehnoloogiliste protsesside talitluse kohta ning edastada seda loogiksignaalidena juhtseadmele. Lähedusandurid võimaldavad määrata nii tehnoloogiaseadmete täiturite kui ka töödeldavate esemete asendit (olemasolu etteantud kohas), möödumist ettenähtud punktist, liikumise lõppu, pöörlemissagedust või pöördenurka. Mahtuvusandurid reageerivad ükskõik mis materjalist objekti lähendamisel, kuid induktiivsed andurid reageerivad ainult metallist objektile.

**Fotoelektrilised andurid** - kiire tõkestussüsteemid (*light beam block system*), kus tuvastatav objekt tõkestab valguskiire tee.



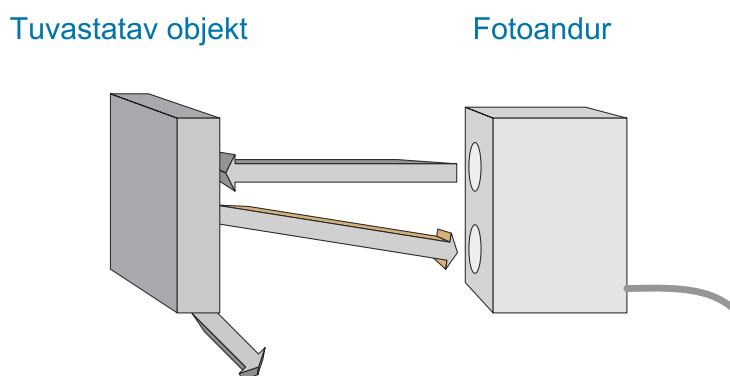
Joonis 2.3.6. Ühekiirelise fotoanduri tööpõhimõte.

Sel juhul eristatakse omakorda kolme mõõtsüsteemi: läbivkiire- (*thru-beam*), peegeldunud kiire (*reflex*) ja polariseerunud peegeldunud kiire (*polarised reflex*) tõkestussüsteem.



Joonis 2.3.7. Peegeldunud kiire tõkestussüsteem.

Hajupeegeldusega süsteemis, kus tuvastatav objekt peegeldab valgusallikast väljuva kiire tagasi valgusvoo vastuvõtjasse, asetsevad nii kiire saatja kui ka vastuvõtja ühises korpuses.



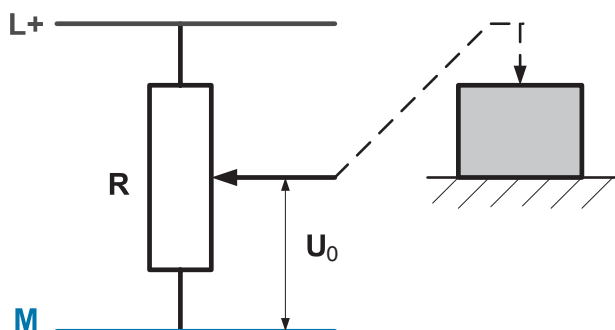
Joonis 2.3.8. Hajupeegeldusega süsteem.



**Mõelge.** Millisel fotoanduril on tajukaugus kõige suurem?

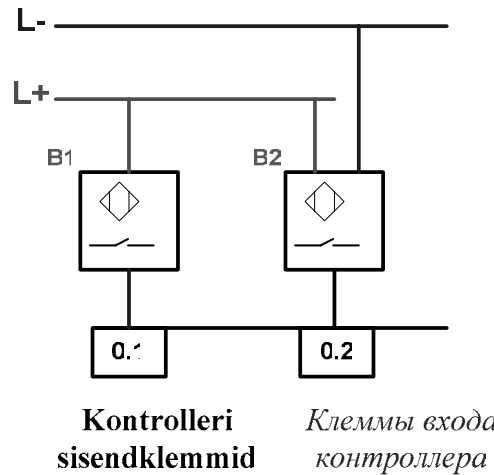
**Analoogandurid** on võimelised mõõtma mingi objekti füüsilisi parameetreid nagu temperatuur, objekti gabariitmõõdud, kaugus jms. Kuid andmetöötlustehnika ei saa otseselt töödelda analoogsignaali. Selle tõttu kuulub analoogmõõtesüsteemi juurde ka analoog-digitaal muundur, mis on tavaliselt kontrollerrisse sisse ehitatud.

Kõige lihtsamaks analoogtajuriks on potentsiomeeter. Potentsiomeetri liikuv kontakt on mehaaniliselt ühendatud tajuriga. Potentsiomeetri väljundpinge  $U_0$  on analoogsignaali, mis on võrdeline mõõtsuurusega.



Joonis 2.3.9. Potentsiomeetri skeem.

Andureid liigitatakse ühendusviisi järgi kahe- ja kolmejuhtmelisteks. Seejuures on juhtmed kodeeritud värvi järgi.



Joonis 2.3.10. Kahe- ja kolmejuhtmelised ühendusskeemid.



### Terminid 2.3.2

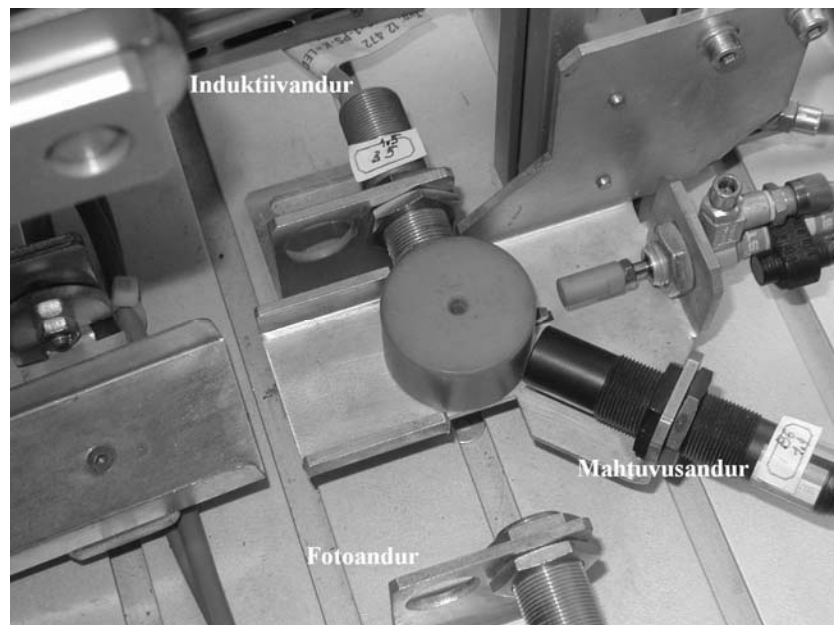
- asendiandur – датчик положения
- automaatikaga seotud rakendustes – применяется в автоматике
- esemete asendid – положение предметов
- induktiivsed ja mahtuvuslikud – индуктивные и ёмкостные
- kahe- ja kolmejuhtmelised – двух- и трехпроводные
- kasutusotstarve – способ использования
- kõrgsagedusgeneraatoril põhinev tajur – измерительная головка, основанная на (работе) высокочастотного генератора
- käitatava mehhanismi asend – положение включаемого (управляемого) механизма
- lähedusandur – датчик приближения
- reegeldunud kiir – отраженный луч
- piirlüliti – концевой выключатель
- potentsiomeeter – потенциометр
- rõhilised tehnilised näitajad – основные технические характеристики
- suletud või avatud olek – закрытое или открытое положение (состояние)
- tajukaugus – дальность срабатывания (восприятия)
- talitus – функционирование
- tuvastatav objekt – распознаваемый объект
- tõkestus – преграждение (пересечение)
- valguskiir – световой луч
- väljundsignaali hüsterese olemasolu – наличие гистерезиса в выходном сигнале



**Mida veel lugeda.** Lehtla, T. Andurid. Tallinn: TTÜ elektriapamite ja jõuelektroonika instituut, 1995.



**Mõelge.** Millised detaili parameetrid on võimalik määrata kolme diskreetanduri abil (joonis 2.3.11).



*Joonis 2.3.11. Andurite kasutamine.*



### **Kontrollküsimused**

1. Mis on andur?
2. Millistest põhikomponentidest koosneb andur, nende otstarve.
3. Andurite liigitus sisendsuuruste järgi.
4. Andurite liigitus signaali vormi järgi.
5. Piirlüliti ehitus ja tööpõhimõte.
6. Lähedusanduri ehitus ja tööpõhimõte.
7. Andurite põhilised ühendusskeemid.

### 3. Binaarloogika

**Peatüki eesmärgid.** Loogikalülituste projekteerimine, talitus ja selle analüüs.

Loogika – teadusharu mõtlemisest ning selle seaduspärasustest. Boole'i algebra (*George Boole, inglise matemaatik ja loogik oli üks matemaatilise loogika rajajaid*) elementideks on binaarloogika signaalid kahe **tõeväärtusega**: väär ehk loogiline 0 (*false*) ja tõene ehk loogiline 1 (*true*). Loogikaalgebra eesmärk on matemaatilise või funktsionaalse kujundi loogikafunktsiooni määramine objekti või protsessi juhtimiseks.

#### 3.1. Diskreet- ehk kombinatsioonseade

**Diskreetseadme** mõiste on antud loogika matemaatilise mudeli seletamiseks. Selle all tuleb mõista igasugust tehnika seadet (näiteks elektriline või pneumaatiline skeem, mehaaniline seade), mida algselt tähistatakse mõistega „must kast“. Diskreetseadmel sõltuvad väljundmuutujate olekud sisendmuutujatest. Tegelikult on diskreetseade loogikafunktsioon, mis on erinevate loogikatehete kombinatsioon.

Sõltumatuid muutujaid (sisendeid) nimetatakse **argumentideks**, neist sõltuvaid muutujaid aga **funktsioonideks**. Loogikafunktsiooni kõik argumendid ja funktsioon ise on loogilised muutujad, millel on kaks väärtust - 0 ja 1.



kus:

$x, y$  – loogilised muutujad;  $x, y \in \{0, 1\}$ ,

$x_i$  – funktsioonide argumendid (või diskreetseadme sisendid),

$y_i$  – funktsioonid (või diskreetseadme väljundid).

Joonis 3.1.1. Diskreetseadme kujund.

Kui diskreetseadmel on  $n$  sisendit, siis nende võimalike kombinatsioonide arv on  $2^n$ . Igale kombinatsioonile vastab täpselt määratud funktsioonide olek.

Tabel 3.1.1. Näide: kui diskreetseadmel on 2 sisendit, siis võimalike kombinatsioonide arv on  $2^2 = 4$ .

Kombinatsiooni nr.	x1	x2
1	0	0
2	1	0
3	0	1
4	1	1



**Mõelge.** Mitu mõistlikku väljundit võib diskreetseadmel maksimaalselt olla?





### Terminid 3.1.1

argumendid ja funktsioon – аргументы и функция  
 diskreet- ehk kombinatsioonseade – дискретное  
 или комбинационное устройство  
 loogikalüliti – логический ключ (действие)  
 loogika tehete kombinatsioon – комбинация  
 логических действий  
 loogilised muutujad – логические переменные

määramine – определение  
 sõltuvad väljundmuutujate olekud sisendmuutujatest  
 – состояния выходных переменных зависят от  
 входных переменных  
 teadusharu mõtlemisest ning selle seaduspärasusest  
 – ветвь науки о мышлении и его взаимосвязях

## 3.2. Loogikafunktsioonide esitus

Väljundmuutujate sõltuvuse sisendmuutujatest ehk loogikafunktsiooni saab esitada erinevat moodi.

**Tõeväärtustabel.** Sel viisil esitatakse loogikafunktsioon tabeli kujul, mis on kõikide muutujate kombinatsioonide kogum. Igale sisendsuuruste kombinatsioonile vastavad täpselt määratud väljundsuurused.

Tõeväärtustabel sisaldab ridasid ja veergusid. Kui  $m$  funktsioonidel on  $n$  argumenti, siis tabelis on  $2^n$  rida ja  $m+n$  veergu.

*Tabel 3.2.1. Tõeväärtustabeli näide: kui funktsioonil on 2 sisendit, siis tõeväärtustabelil on 4 rida ja 3 veergu*

x1	x2	y1
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Tõeväärtustabelit on võimalik koostada ülesande tingimustest lähtuvalt. Näiteks: lamp y1 põleb ainult siis, kui korraga on alla vajutatud surunupud x1 ja x2. Surunupu allavajutatud (suletud) oleku saab lugeda loogiliseks üheks (samamoodi mittevajutatud oleku nulliks).



**Koostage** tõeväärtustabel. Lamp y1 põleb siis, kui vajutada surunuppu x1 või x2.



### Terminid 3.2.1

tõeväärtustabel – таблица истинности

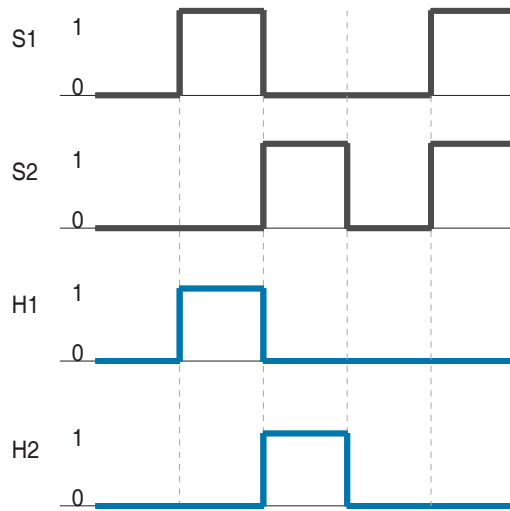
#### Sõna-analüütiline viis

Sel moel esitatakse funktsioon analüütilise lausena. Analüütiline väljund koostatakse võimalikult lühikesena. Mõnesid loomulikke sõnu saab jätta kirjutamata, näiteks selliseid nagu „surunupp”, „vajutada”, „aktiivne” jms. Lause vasakus osas kirjeldatakse automaatseadme tegevust, paremas osas aga selle tegevuse tingimusi. Tavaliselt määravad liitsõnad loogikatehte.

Lamp H1 põleb, kui S1 ning B1

*Joonis 3.2.1. Loogikafunktsiooni esitus sõna-analüütilisena.*





Joonis 3.2.3. Ajadiagrammi näide.

Ajadiagrammist lähtub see, et lamp H1 „põleb” ainult siis, kui surunupp S1 on alla vajutatud, aga surunupp S2 ei ole alla vajutatud. Samuti lamp H2 „põleb” siis, kui surunupp S2 on alla vajutatud, aga surunupp S1 ei ole alla vajutatud.



**Tehke** joonisel 3.2.3 toodud ajadiagrammi järgi analüütiline kirjeldus (lambid: H1 ja H2, surunupud: S1 ja S2).



### Terminid 3.2.2

dünaamiliselt muutuvate protsesside kujundamiseks – для изображения динамически изменяющихся процессов

funktsiooni graafiliseks esituseks – для графического изображения функции

loogikaskeem ning kontaktskeem – логическая и контактно (-релейная) схема

olekujoon ning signaaljoon – линия состояния и сигнальная линия

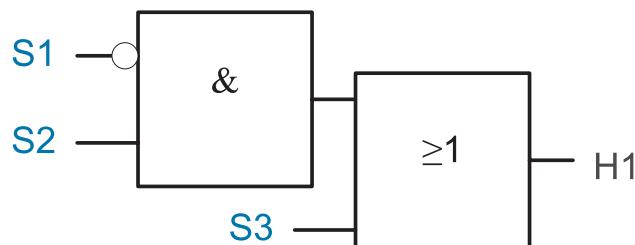
sammude kaupa – по-шагово

sammu- ehk olekudiagramm – шаговая диаграмма

suhteline nihutamine ajas – относительное перемещение во времени

**Loogika funktsionaalskeem** koosneb üksteisest erinevatest loogiliselt seotud loogikaplokkidest.

Tavaliselt iga loogikaplokk tähistab elementaarset loogikalülitust ehk loogikatehet, kuid kasutajal on võimalik luua ka erilist loogikafunktsiooni.



Joonis 3.2.4. Loogika funktsionaalskeemi näide.

Funktsionaalskeem kuulub ka laialt levinud tööstuskontrollerite programmeerimiskeelte hulka. Tuletame meelde, et loogikaalgebra eesmärk on kas matemaatilise või funktsionaalse loogikafunktsiooni kujundi saamine, mida kasutatakse otseselt juhtprogrammi loomiseks.

Loogika funktsionaalskeem on graafikakujundi väärtusega – see on funktsionaalplokkide vastastikuste seoste näitlikkus. Selle viisi puuduseks on see, et dünaamiliselt muutuvat protsessi on raske analüüsida.



### Terminid 3.2.3

elementaarne loogikalülitus – элементарный логический ключ (действие)

funktsionaalplokkide vastastikuste seoste näitlikkus – наглядность взаимосвязей функциональных блоков

laialt levinud tööstuskontrollerite programmeerimiskeelte hulka – (входит в число) широко

распространенных языков программирования промышленных контроллеров

on graafikakujundi väärtusega – обладает ценностью графического изображения

puuduseks on see – к недостатку (относится) то

tuletame meelde – напоминаем

### Loogikafunktsiooni matemaatiline esitus

Elementaarsed loogikatehted saab esitada spetsiaalsete või matemaatiliste sümbolite abil.

AND:  $\wedge, \cdot$

OR:  $\vee, +$

NO:  $a'$

Joonis 3.2.5. Loogikafunktsiooni matemaatilised märgid:

Kasutades loogikaalgebra seadusi, on võimalik teostada loogikafunktsioonide matemaatilise avaldise teisendamist.

Loogikafunktsiooni matemaatilise avaldise näide:  $y_1 = x_1 \cdot x_2'$

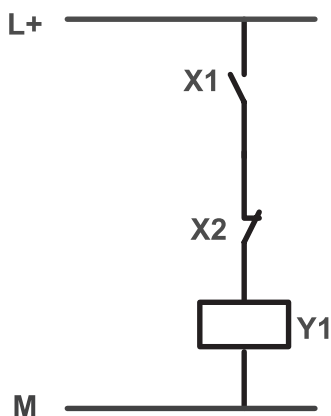
See matemaatiline avaldis vastab loogika kombinatsioonidele:  $y_1 = x_1$  AND NO  $x_2$ .



**Tehke** joonise 3.2.3 ajadiagrammi järgi matemaatiline kirjeldus  
(lambid: H1 ja H2, surunupud: S1 ja S2).

### Loogikafunktsioonide esitus elektrotehnikas

Loogikafunktsiooni on võimalik realiseerida relee-kontaktskeemi abil. Seejuures sisendmuutujaks on normaalselt avatud ja normaalselt suletud kontaktid, aga väljundmuutujaks – elektri ahela koormus (täiturid). Funktsiooni olek vastab elektrivoolu olemasolule elektri ahelas.



Joonis 3.2.6. Elektriskeemi näide.

Loogiline olek „0” vastab katkestatud elektri ahela seisundile (avatud kontakt, elektrivool puudub), aga „1” suletud elektri ahela seisundile (suletud kontakt, nimivool).

*AND* loogikatehe realiseeritakse järjestikku, aga *OR* - paralleelselt ühendatud kontaktide abil. Avanevale kontaktile (normaalselt suletud) vastab inversioon ehk loogiline *NO*-funktsioon.

Joonisel 3.2.6 on toodud elektriskeem, mis vastab loogilisele avaldisele:  $y_1 = x_1 \cdot x_2$ . Skeemist selgub, et elektri ahelas voolab elektrivool (elektri ahela koormus  $y_1$  on aktiivne,  $y_1 = 1$ ) ainult siis, kui sulgeda kontakt  $x_1$ . Seejuures kontakt  $x_2$  jääb alla vajutamata.



**Joonistage** toodud joonisel 3.2.3 ajadiagrammi järgi elektriskeem, mis sisaldab kahte elektri ahelat (lambid:  $H_1$  ja  $H_2$ , surunupud:  $S_1$  ja  $S_2$ ).



#### Terminid 3.2.4

elektrivool – электрический ток

koormus – нагрузка

matemaatiline avaldis – математическое выражение

normaalselt avatud (sulguv) kontakt – нормально открытый (закрывающий) контакт

normaalselt suletud (avanev) kontakt – нормально-замкнутый (размыкающий) контакт

relee-kontaktskeem – релейно-контактная схема



**Lisaks.** Tutvuge loogikafunktsiooni algoritmi esitlusviisiga.



#### Kontrollküsimused

11. Mis on algebraloogika?
12. Mida mõistetakse diskreetseadme all?
13. Millised väärtused on diskreetseadme muutujatel?
14. Mitu sisendit võib olla diskreetseadmel?
15. Mitu sisendmuutujate kombinatsiooni võib olla diskreetseadmel?
16. Mitu väljundmuutujate arvu võib olla diskreetseadmel?
17. Millisel viisil saab esitada loogikafunktsiooni?
18. Millised on loogikafunktsiooni tähtsad esitusviisid? Miks?
19. Mis on tõeväärtustabel? Mitu rida ning tulpa sisaldab tõeväärtustabel?
20. Nimetage loogikafunktsiooni graafilised esitusviisid, nende eelised ja puudused.
21. Kuidas esitatakse loogikafunktsiooni matemaatiliselt?
22. Kuidas esitatakse loogikafunktsiooni elektriskeemi abil?

### 3.3. Elementaarsed loogikatehted

Iga loogikafunktsiooni saab koostada *elementaarsetest loogikatehetest*. Seadet, mis realiseerib elementaarset loogikatehet, nimetatakse *loogikaelemendiks*. Keeruline loogikafunktsioon on elementaarsete loogikatehete kombinatsioon.

Boole'i ehk loogikafunktsioonide teisendamiseks eraldatakse nende hulgast nn elementaarfunktsioonid. Nendeks on kõikmõeldavad kahe muutujaga funktsioonid, mida on kokku 16. *Inversioon, disjunktsioon ja konjunktsioon* (NO, OR ja AND) loogikatehted moodustavad *loogiliselt täieliku süsteemi*, mida rakendades saab realiseerida mistahes loogikafunktsiooni.

Tabel 3.3.1. Kahe muutuja kõik võimalikud kombinatsioonid.

a	b	$f_0$	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$	$f_7$	$f_8$	$f_9$	$f_{10}$	$f_{11}$	$f_{12}$	$f_{13}$	$f_{14}$	$f_{15}$
		"0"	&	$\overrightarrow{ab}$	a	$\overrightarrow{ba}$	b	$\oplus$	$\vee$	$\nabla$	$\sim$	$\overline{b}$	$\rightarrow_{ba}$	$\overline{a}$	$\rightarrow_{ab}$	$\overline{\&}$	"1"
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1



**Mõelge.** Analüüsige funktsioone  $f_0, f_3, f_5, f_{10}, f_{12}, f_{15}$ . Hinnake nende funktsioonide tähtsust.



#### Terminid 3.3.1

elementaarfunktsioonid – элементарные функции

inversioon – инверсия

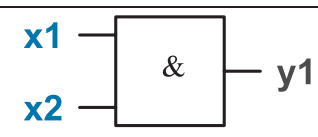
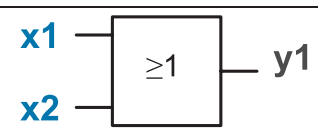
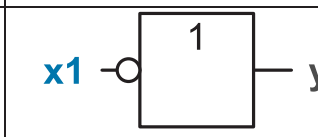
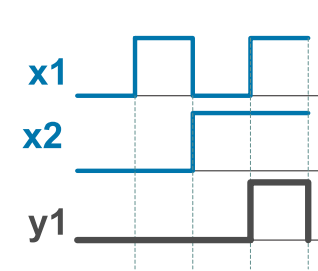
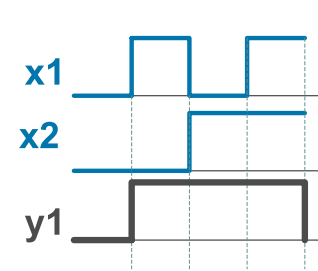
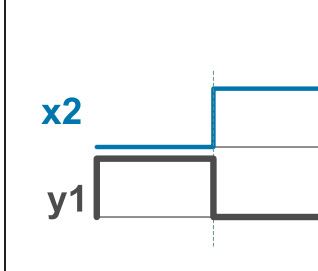
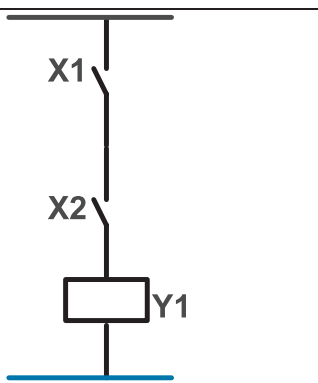
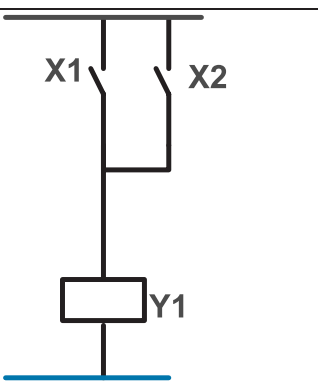
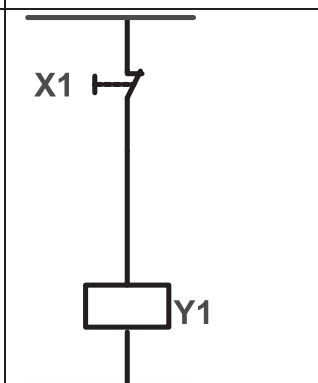
konjunktsioon – конъюнкция

loogikatehe – логическое действие

loogiliselt täielik süsteem – логически полная система

Inversiooni, disjunktsiooni ja konjunktsiooni saab esitada erinevate viisidega.

Tabel 3.3.2. Inversiooni, disjunktsiooni ja konjunktsiooni esitusviisid.

	<i>disjunktsioon</i>	<i>konjunktsioon</i>	<i>inversioon</i>																																				
Sümbol																																							
Tõeväärtustabel	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>x1</th> <th>x2</th> <th>y1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x1	x2	y1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>x1</th> <th>x2</th> <th>y1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	x1	x2	y1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>x1</th> <th>y1</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	x1	y1	0	1	1	0
x1	x2	y1																																					
0	0	0																																					
1	0	0																																					
0	1	0																																					
1	1	1																																					
x1	x2	y1																																					
0	0	0																																					
1	0	1																																					
0	1	1																																					
1	1	1																																					
x1	y1																																						
0	1																																						
1	0																																						
Matemaatiline avaldis	$y1 = x1 \cdot x2$	$y1 = x1 + x2$	$y1 = \overline{x1}$																																				
Ajadiagramm																																							
Elektriskeem																																							



**Mõelge.** Analüüsige tabelit 3.3.1. Kuidas on võimalik saada funktsioone  $f_8$  ja  $f_{14}$ , kasutades inversiooni, disjunktsiooni ja konjunktsiooni?



**Iseseisvaks tööks.** Binaarloogika aksioomid ja seadused.



### Ülesanne 3.1

Koostada vastavalt ülesande püstitamisele:

1. tõeväärtustabel;
2. analüütiline kirjeldus;
3. ajadiagramm;
4. matemaatiline avaldis;
5. funktsionaalskeem;
6. elektriskeem;
7. simuleerida funktsiooni töö tarkvara (näiteks, LOGO!SOFT COMFORT) abil.

**Lamp H1 põleb, kui vajutada surunuppu S1, sealjuures surunupp S2 jääb alla vajutamata. Teistel juhtudel lamp ei põle.**

**Töö käik:**

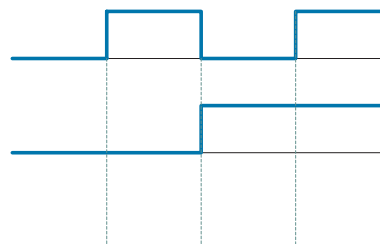
1. Lõpetada tõeväärtustabel.

S1	S2	H1
0	0	
1	0	
0	1	
1	1	

2. Lõpetada analüütiline kirjeldus:

**Lamp H1 põleb, kui S1 ..... S2**

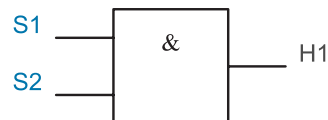
3. Lõpetada ajadiagramm:



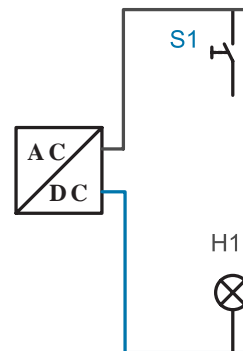
4. Kirjutada loogikafunktsioon matemaatilisel kujul:

$$H1 = S1 \text{ ? } S2 \text{ .....}$$

5. Lõpetada loogika funktsionaalskeem:



6. Lõpetada elektriskeem:





**Lahendus:**

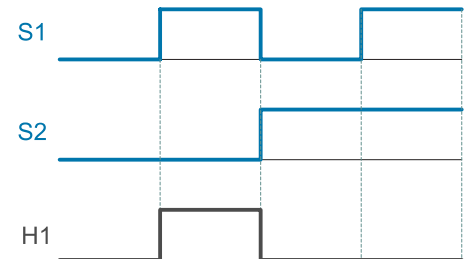
1. Tõeväärtustabel.

S1	S2	H1
0	0	0
1	0	1
0	1	0
1	1	0

2. Analüütiline kirjeldus:

Lamp H1 põleb, kui S1 and no S2

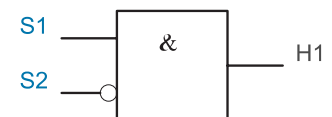
3. Ajadiagramm:



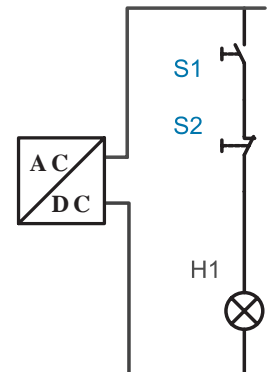
4. Funktsiooni matemaatiline avaldis:

$$H1 = S1 \cdot S2'$$

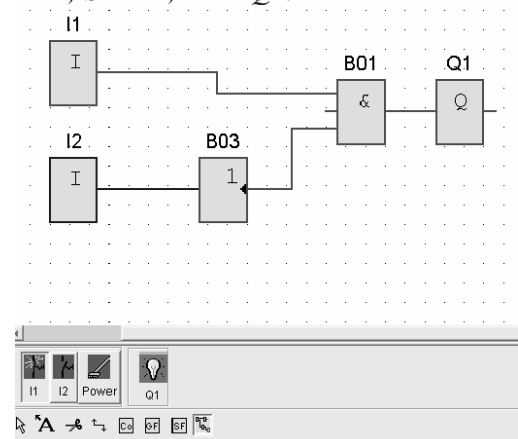
5. Funktsionaalskeem:



6. Elektriskeem:



7. Simuleerida skeemi tööd LOGO!Soft-is. Elementide tähistus: S1 – I1; S2 – I2; H1 – Q1.



### 3.4. Loogikafunktsiooni süntees

Boole funktsiooni standardesituseks on tema normaalkuju. Loogikafunktsiooni normaalkuju on võimalik automaatselt koostada tõeväärtustabeli alusel. Loogikafunktsiooni *normaalkuju* koosneb elementaarkonjunktsioonidest või elementaardisjunktsioonidest. Sellisel juhul muutujad (otsesed ja inverteeritud) on seotud loogilise korrutamise või summaga.

Näiteks:

$$A = x \cdot y'; \quad B = x + y';$$

*Elementaarkonjunktsioone* koostatakse tõeväärtustabeli alusel. Nendele tabeli ridadele, kus funktsiooni olekud on võrdsed ühega, koostatakse elementaarkonjunktsioon. Iga muutuja esineb elementaarkonjunktsioonis vaid üks kord. Kui muutuja olek tabelis on 0, siis muutuja elementaarkonjunktsioonis esitatakse inverteerituna.

x	y	A
0	0	0
1	0	0
0	1	1
1	1	1

$x'y$  }  $x'y + xy = A$   
 $xy$  }

Joonis 3.4.1. Elementaarkonjunktsioonide koostamine ühe järgi.

Koostades tõeväärtustabeli alusel elementaarkonjunktsioone, saab automaatselt *sünteesida* funktsiooni. Selleks on vaja loogiliselt summeerida (disjunktiivsus) kõik eelnevalt saadud elementaarkonjunktsioonid.

Kui loogikafunktsioon on esitatud elementaarkonjunktsioonide disjunktsioonina, nimetatakse seda esitusviisi funktsiooni *disjunktiivseks normaalkujuks (DNK)*.

Kui funktsiooni disjunktiivse normaalkuju iga elementaarkonjunktsioon sisaldab kõiki muutujaid, nimetatakse seda funktsiooni esitusviisi tema *täielikuks* disjunktiivseks normaalkujuks (TDNK).

Täielik – iga elementaarkonjunktsioon sisaldab kõiki muutujaid;

Disjunktiivne – funktsioon koosneb elementaarkonjunktsioonide loogilisest summast (disjunktiivsus);

Normaal – iga muutuja on esitatud elementaarkonjunktsioonis ainult üks kord.

TDNK on võimalik koostada ka tõeväärtustabeli funktsiooni nullide järgi. Sellisel juhul esitatakse funktsiooni valemis inverteerituna



#### Terminid 3.4.1

elementaardisjunktsioon – элементарная дизъюнкция

elementaarkonjunktsioon – элементарная конъюнкция

elementaarkonjunktsioonid disjunktsioonina – дизъюнкция (сумма) элементарных конъюнкций (произведений)

süntees – синтез

täielik disjunktiivne normaalkuju – совершенная дизъюнктивная нормальная форма

valem – формула



**Mõelge.** Koostage täielik disjunktiivne normaalkuju (joonisel 3.4.1 toodud tõeväärtustabel) nullide järgi.



**Iseseisvaks tööks.** Täielik konjunktiivne normaalkuju (TKNK).



*Koostada vastavalt ülesande püstitusele:*

- tõeväärtustabel;
- TDNK tõeväärtustabeli alusel;
- loogika funktsionaalskeem;
- elektriskeem;
- simuleerida funktsiooni töö tarkvara abil.

### Ülesanne 3.2. « Elektrooniline kohtunik »

Raskuste tõstmine fikseeritakse 3 kohtunikuga (I1, I2, I3). Üks nendest on peakohtunik (I1). Arvestatakse, et raskus on tõstetud (põlema hakkab lamp Q1), kui „poolt” on 2 kohtunikku ja üks nendest on peakohtunik.

### Ülesanne 3.3. „Valgustuse juhtimine kahest kohast”

Lampi Q1 juhitakse kahe lüliti abil (I1 ja I2). Lamp Q1 põleb, kui mõlemad lülitid on sisse või välja lülitatud.

## 3.5. Loogikalülituste minimeerimine

Vaatamata sellele, et loogikafunktsiooni TDNK tagab seadme õige funktsioneerimise, on selle esitamise viisi võimalik lihtsustada, mis vähendab seadme hinda ja koostamise töömahtu.

Funktsiooni sisendmuutujate arvu ning algebralise avaldise pikkuse vähendamist nimetatakse **minimeerimiseks**.

Kõige enam on läbi töötatud loogikafunktsioonide täielike disjunktiiivsete normaalkujude minimeerimis-meetodid. Selle minimeerimise tulemuseks on **minimaalne disjunktiiivne normaalkuju** ehk **MDNK**.

Loogikafunktsioonide minimeerimiseks kasutatakse järgmisi meetodeid:

1) loogikaseadustega seotud teisendamine; 2) Karnaugh (Veitši) kaardid; 3) Quine - Mc Cluskey meetod; 4) Petriki meetod, 5) Blake' i meetod.



### Terminid 3.5.1

algebralise avaldise pikkuse vähendamine – уменьшение длины алгебраического выражения  
minimaalne disjunktiiivne normaalkuju ehk MDNK – минимальная дизъюнктивная нормальная форма  
minimeerimine – минимизация



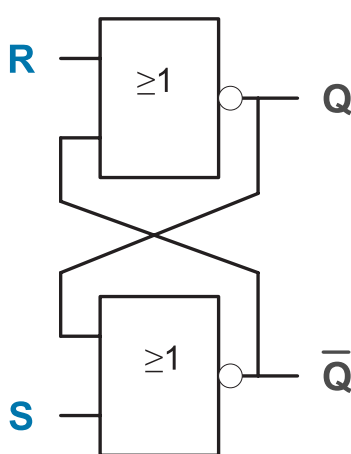
**Iseseisvaks tööks.** Loogikafunktsioonide minimeerimine. Karnaugh (Veitši) kaardid.

### 3.6. Järjendloogikalülitused

Nimetus järjendloogika (*sequence logic*) tuleneb sellest, et loogikafunktsioone võib täita ajaliselt kindlas järjestuses, kusjuures iga järgnev loogiline operatsioon sõltub eelmiste operatsioonide tulemustest. Järjendloogikalülitused jagunevad mittestabiilseteks, monostabiilseteks ja bistabiilseteks. **Mittestabiilsed loogikalülitused** muudavad pidevalt oma olekut "0" ja "1" vahel, st genereerivad teatud sagedusega impulsse. Neid lülitusi nimetatakse impulsgeneraatoriteks.

**Monostabiilsetel loogikalülitustel** on üks stabiilne ja teine mittestabiilne olek. Monostabiilse lülituse vaikiolek on stabiilne. Välise toime mõjul läheb lülitus teatud ajavahemiku jooksul mittestabiilsesse olekusse ja naaseb seejärel tagasi stabiilsesse olekusse. Monostabiilseid loogikalülitusi kasutatakse impulsmoodustajadena. **Bistabiilsetel loogikalülitustel** on kaks stabiilset olekut. Välise toime mõjul ning sõltuvalt oma endisest olekust võib bistabiilne loogikalülitus muuta oma olekut või säilitada endise oleku.

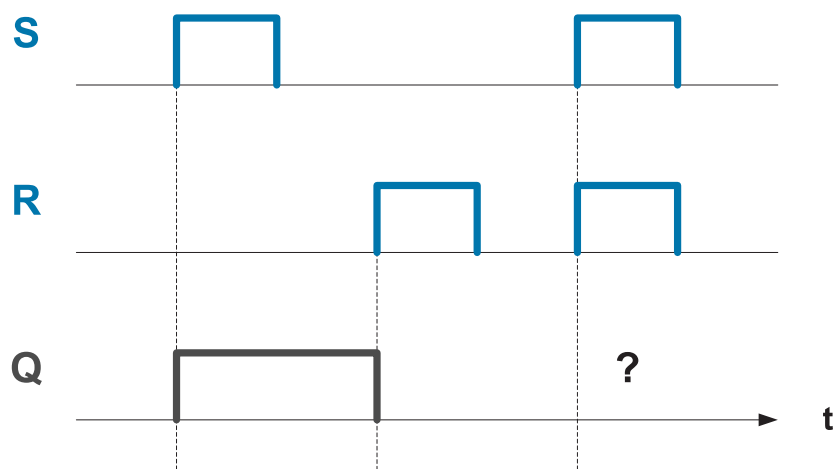
Bistabiilseid loogikalülitusi tuntakse trigeritena ning neid kasutatakse mälu-elementidena. Väikseim mälu-element (triger) võimaldab salvestada, säilitada ja taasesitada ühe biti informatsiooni. Trigerit on võimalik koostada OR NO või AND NO elementide baasil.



Joonis 3.6.1. Trigeri funktsionaalskeem (OR\_NO baasil).



**Analüüsige** trigeri tööd trigeri ajadiagrammi järgi.



Joonis 3.6.2. Trigeri ajadiagramm.



**Mõelge.** Tehke selgeks trigeri olek sellel momendil, kui on rakendatud korraga nii S (*SET*) kui ka R (*RESET*) signaale.



**Iseseisvaks tööks.** Trigeri tüübid, registrid, loendurid.

Mäluelementidest saab koostada mitmesuguseid loogikalülitusi. Tuntuimad mäluelemente sisaldavad loogikalülitused on registrid ja loendurid. Keerukamad järjendloogikalülitused (*loogilised automaadid*) sisaldavad nii kombinatsioonloogikalülitusi kui ka mäluelemente.



**Terminid 3.6.1**

impulsimoodustaja – устройство, производящее импульсы  
järjendloogikalülitused – ключи (схемы) последовательной логики  
mitte-, mono-, bistabiilne – не-, моно-, би-стабильный  
mäluelement – элемент памяти  
teatud ajavahemiku jooksul – в течение определённого промежутка времени  
teatud sagedusega impulsse – импульсы определённой частоты  
vaikeolek – состояние «по умолчанию»



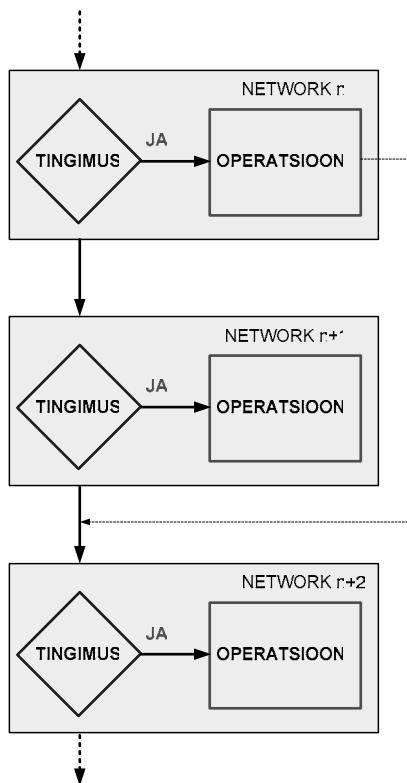
**Mida veel lugeda.** Lehtla, T., Rosin, A. Loogika ja programmeerimine. Tallinn: TTÜ elektriamite ja jõuelektroonika instituut, 2003.

## 4. Tööstuskontrollerite programmeerimiskeeled

Peatüki eesmärgid. Programmi struktuur ja tööpõhimõte. Programmeerimiskeelte ülevaade.

### 4.1. Programmi struktuur

**Programm** – protsessijuhtimise eeskiri. Programm koosneb erinevatest plokkidest (*Network*), mis sisaldavad operatsioon- ning tingimusosa. Tavaliselt täidetakse programmiplukke ükshaaval, kuid on võimalik täitmise järjekorda muuta, kasutades spetsiaalseid hüppeoperatsioone.



Joonis 4.1.1. Juhtprogrammi struktuur.

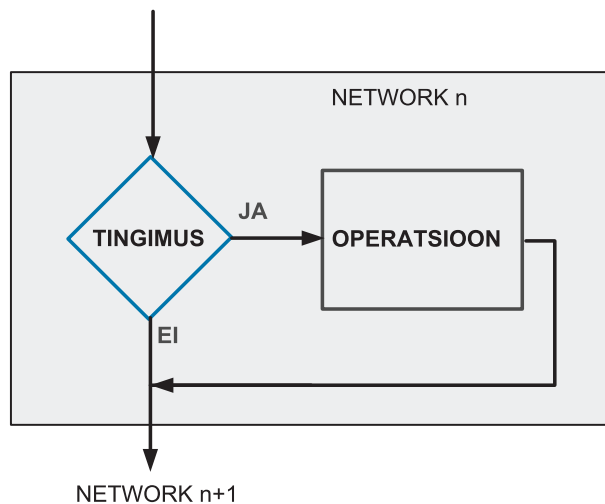
**Tingimusosa** koosneb loogilistest tehetest, mis on operatsioonosa täitmise tingimuseks.

**Operatsioon** (käsk) täidetakse ainult siis, kui tingimusosa olek on loogiline "1". Teisel juhul operatsioon jääb täitmata.

Programmis võivad olla bitt-, siirdamis-, võrdlus-, loendus-, viivitus-, aritmeetika-, teisendus-, nihkeoperatsioonid jne.

Juhtimisprogramme saab täitmisviisi järgi jaotada kaheks tüübiks: lineaar- ning sammuprogrammid.

**Lineaarses programmis** ei sõltu ühest programmiplokist järgmisesse üleminek tingimusosa täitmisest. Kui tingimusosa tulemus on loogiline „0”, siis jääb operatsioon täitmata ning toimub üleminek järgmisesse programmiplokki.



Joonis 4.1.2. Lineaarprogrammi ploki ehitus.

See tähendab tegelikult, et ühe operatsiooni täitmine ei sõltu teistest, antud juhul plokkide paralleelsest tööst, sest programmiplokke täidetakse peaaegu üheaegselt (protsessori suure kiiruse tõttu) ning nende täitmine ei sõltu teiste programmiplokkide tööst.



#### Terminid 4.1.1

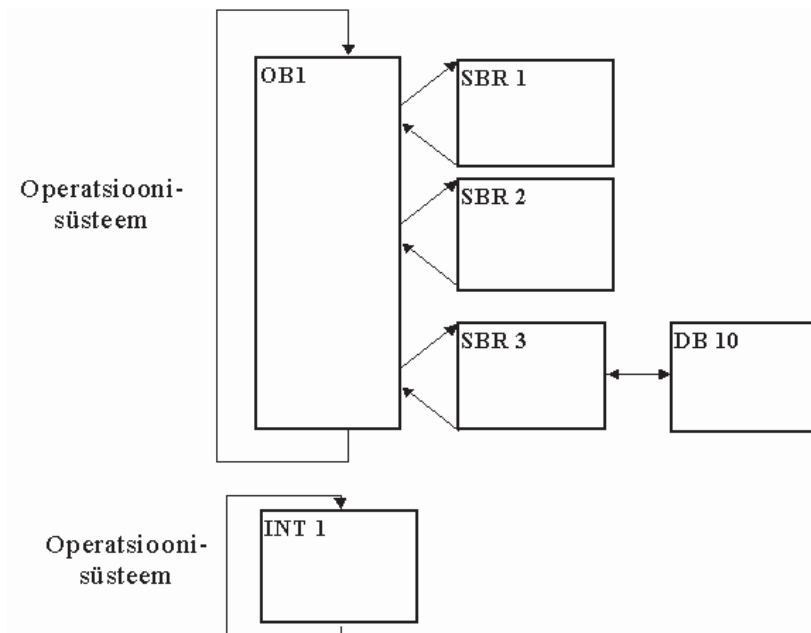
- bittoperatsioon – однобитовая операция
- hüppeoperatsioon – операция перехода «прыжок»
- lineaar- ning sammuprogrammid – линейные и шаговые программы
- loendusoperatsioon – операция счёта
- nihkeoperatsioon – операция сдвига
- operatsioon- ning tingimusosa – операционная и условная часть
- siirdamisoperatsioon – операция перемещения
- teisendusoperatsioon – операция преобразования
- viivitusoperatsioon – операция задержки (времени)
- võrdlusoperatsioon – операция сравнения



**Mõelge.** Võrrelge elektriskeemi ning lineaarprogrammi tööd: mis on ühist ja mis on erinevat?

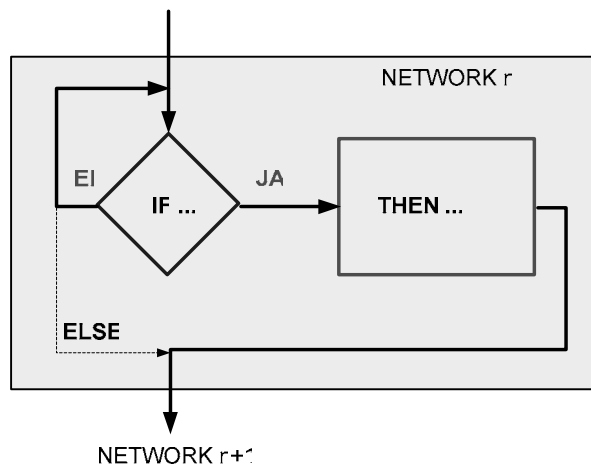
**Jaotatud programmis** on juhtimisprotsess jaotatud osäülesanneteks, mis on omavahel seotud kindlate tingimustega. Jaotatud programm kuulub tüübilt lineaarprogrammide hulka, sest iga programmi plokk täidetakse lineaarselt.

Enne kasutaja programmploki töötlemist peab toimuma vastav päring ehk siire. Programmi siirdumiseks kasutatakse erikäske. Plokki siirdumist koos soovitava andmete plokiga DB saab programmeerida mõne teise (nt üleprogrammist OB1 või alamprogrammist SBR) ploki sees. Iga selline siire tähendab ploki vahetust. Alamprogrammi lõppedes operatsioonisüsteem siirdub tagasi üleprogrammi.



Joonis 4.1.3. Jaotatud programmi ehituse näide.

**Sammuprogrammid** on üleminek ühest programmiplokist järgmisesse võimalik ainult siis, kui eelmise ploki tingimusosa tulemus on „1” (ning vastav operatsioon on ka täidetud). Kui tingimused ei ole täidetud, siis operatsioonisüsteem pöördu tagasi ploki algusesse. Programm jääb ühte ploki kuni tingimuste täitmiseni või eriliste käskudeni (nt *ELSE*).



Joonis 4.1.4. Sammuprogrammi ploki ehitus.

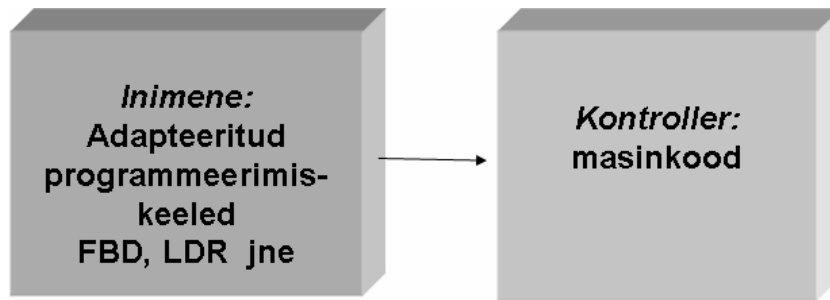
See programmi tüüp on hästi sobiv automaatikaseadmete juhtimiseks, kuna need töötavad tavaliselt sammu kaupa. Kui lineaarne programm töötab paralleelselt, siis sammuprogramm järjestikku. Selle programmi tüübi puuduseks on asjaolu, et raske on teostada plokkide paralleelset tööd ning vea puhul programm hakkab „rippuma”.



**Mõelge.** Seletage situatsiooni „programm ripub”? Täitke lüngad: programm .... , juhtprotsess ....

Inimese adapteeritud juhtprogrammi kodeerimisprotsessi masinkoodi nimetatakse **kompileerimiseks**.





Joonis 4.1.5. Kompileerimine.



**Mõelge.** Milliseid märke kasutatakse masinkoodi loomiseks?



**Terminid 4.1.2**

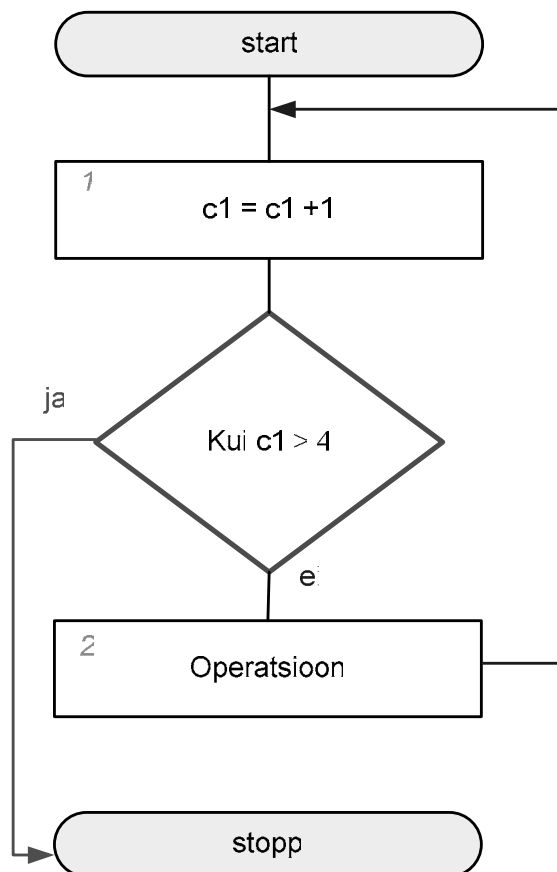
jaotatud programm – блочная (разветвленная) программа

kompileerimine – компиляция

operatsioonisüsteem pöördub tagasi ploki algusesse – операционная система возвращается обратно в начало блока

päring – опрос

**Algoritm** on keeruliste juhtprotsesside kirjeldamisvahend, mis lihtsustab programmide koostamist. Tavaliselt kasutatakse selleks spetsiaalseid sümboleid DIN 66001 standardi järgi.



Joonis 4.1.6. Algoritmi näide.

## 4.2. Programmeerimiskeeled

Maailmaturul on kontrollerite tarkvara struktuur ja programmeerimise põhimõtted määratud rahvusvahelise standardiga IEC 61131-3. Standardi järgi on kontrolleri programmeerimisel võimalik kasutada järgmisi programmeerimiskeeli:

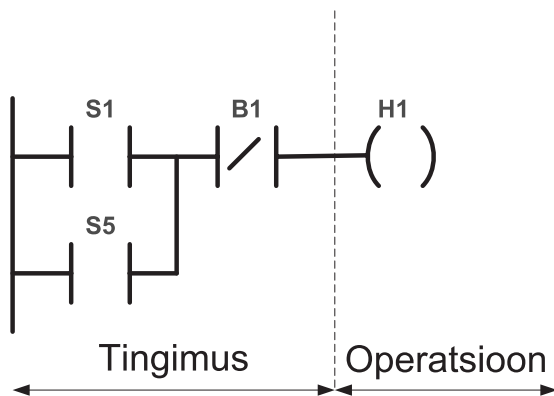
Tabel 4.2.1. Programmeerimiskeelte ülevaade.

Lineaarsed programmid	loogikaskeem <i>Function Block Diagram (FBD)</i>
	kontaktskeem <i>Ladder diagram (LD) või Ladder Logic (LAD)</i>
	käsulist <i>Instruction List (IL) või Statement List (STL)</i>
Sammuprogrammid	algoritmi plokkiskeem ehk sammprogramm <i>Sequential Function Charts (SFC)</i>
	kõrgkeeled: <i>Structured Text (ST), C++ või Pascal'iga sarnane</i>

### Ladder diagram (LD) või Ladder Logic (LAD)

Kontaktskeemina programmeerimine kujutab endast programmi graafilist esitust ja on mõeldud releerajutimislülituste hõlpsaks teisendamiseks kontrolleri programmiks.

Kontaktskeem sarnaneb tavalise elektriskeemiga. Kui tavalises elektriskeemis kontakte, lüliteid ja täituvaid ühendavaid juhtmed paiknevad vertikaalsihis, siis kontaktskeemi puhul paiknevad nad horisontaalsihis. Kontaktskeemina programmeerimise eelisteks on kasutajasõbralikkus ja lihtsus.



Joonis 4.2.1. LAD programmeerimise näide.

Paralleelselt ühendatud kontaktid vastavad OR loogikalülitusele, järjestikku ühendatud kontaktid vastavad AND loogikalülitusele, aga normaalselt suletud kontakt NO loogikalülitusele. Joonisel 4.2.1 näidatud programmi järgi element H1 läheb aktiivseks, kui  $(S1 \text{ OR } S5) \text{ AND } \text{NO } B1$ . See programm vastab matemaatilisele avaldisele

$$H1 = (S1 + S5) \cdot B1^{\sim}$$

Joonisel 4.2.1 on toodud omistamisoperatsioon (=).



**Mõelge.** Millised on elektriskeemi ja LAD programmeerimise vahelised erinevused?



**Terminid 4.2.1**

algoritmi plokkiskeem – блок-схема алгоритма

kontaktskeem – контактная схема

kõrgkeeled – высшие языки

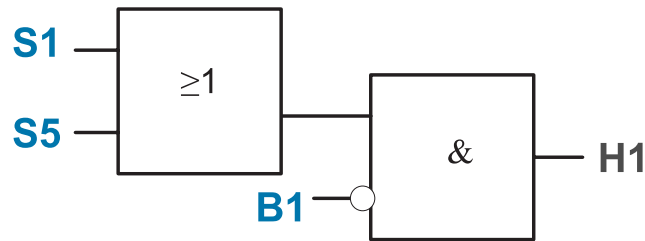
käsulist – список команд

loogikaskeem – логическая схема (логическая функциональная блок-диаграмма)

programmeerimise põhimõtted – принципы программирования  
 rahvusvaheline standard – международный стандарт  
 relee-juhtimislülitused – релейные схемы управления

### Function Block Diagram (FBD)

Loogikaskaemina programmeerimine on samuti graafiline programmeerimine. Loogikaskaemina programmeerimisel on põhielemendiks loogikaelemendi funktsionaalne skeem. Loogikaskaemide puhul eristatakse põhiloogikafunktsioone ja kasutaja loogikafunktsioone. Põhifunktsioonid on tarkvara tootja poolt enamlevinud loogikafunktsioonid. Kasutaja loogikafunktsioonid on programmeerija poolt mingi konkreetse ülesande täitmiseks programmeeritud plokid.



Joonis 4.2.2. FBD programmi näide.

Joonisel 4.2.2 on näidatud FBD juhtprogramm, mis vastab joonisel 4.2.1 toodud LAD programmile.

### List (IL) või Statement List (STL)

Käsulistina programmeerimine kujutab madala nivoo keeles programmeerimist, sest STL programmi mõtlemisviis vastab masina loogikale ning ei nõua eriti keerulistest tehetest programmi kompileerimisel masinkoodi. See võimaldab teha lühemaid ja kiiremaid programme, kuna saab paremini kasutada protsessori võimsust ning mälu mahtu. STL programm kuulub lineaarse tüüpi alla.

Käsulistis esitatakse programm tekstina. Käsulistina programmeerides lahendatakse kogu juhtimisülesanne üksikute käskude jadana.

<b>LD</b>	<b>S1</b>	Programmiploki algus. Kui S1	<b>Tingimus</b>
		OR S5	
<b>O</b>	<b>S2</b>	AND NO B1,	
<b>AN</b>	<b>B2</b>	Siis rakendada H1	<b>Operatsioon</b>
<b>=</b>	<b>H1</b>		
<b>LD</b>	.....	Järgmine programmiplokk.	

Joonis 4.2.3. STL programmi näide

### Structured Text (ST)

Üldlevinud kõrgekeeles programmeerimine sisaldab kõiki tänapäeva kõrgekeeltes esinevaid põhikäske nagu valikukäske (IF-THEN-ELSE ja CASE-OF) ja tsüklite käske (FOR, WHILE ja REPEAT) jne. Tänu selle võimaluse lülitamisele tööstuskontrolleritesse on inimesel, kes kasutab teiste automaatika-süsteemide programmeerimisel kõrgekeeli C++, Paskal või Basic, suhteliselt lihtne programmeerida ilma ümberõppimiseta ka tööstuskontrollereid.

ST on sammu tüüpi programmeerimisviis.

STEP 10

IF

S1

O

S5

AN

B1

THEN

SET

H1

OTHRW (ELSE) RESET H1

STEP 20

*Programmiploki algus*

*Kui S1*

*OR S5*

*AND NO B1,*

*siis SET H1 (fikseeritud sisselülitamine)*

*Teisel juhul RESET H1 (fikseeritud väljalülitamine)*

*Järgmine programmplokk*

Joonis 4.2.4. ST programmi näide.



#### Terminid 4.2.2

juhtimisülesanne – задача управления

loogikaelemendi funktsionaalne skeem – функциональная схема логического элемента

madala nivoo keel – язык низкого уровня

põhiloogika- ja kasutaja loogikafunktsioonid – логические функции основной логики и логики пользователя

sisaldab kõiki tänapäeva kõrgkeeltes esinevaid põhikäsk – содержит все основные команды всех современных высших языков

tsüklike käsk – команда циклов

valikukäsk – команда выбора

võimsus ja mälu maht – мощность и объем памяти

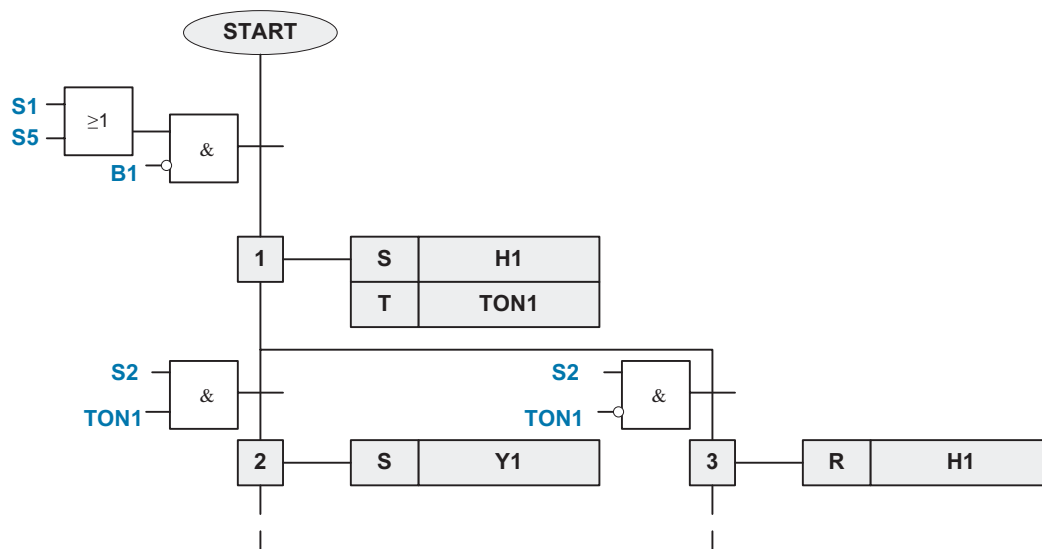
üldlevinud – общераспространённые

#### ***Sequential Function Charts (SFC)***

Programmeerimine algoritmi plokkskeemina kujutab endast nii graafilist programmeerimisviisi (eriline programmeerimiskeel) kui ka keeruliste juhtprotsesside kirjeldamisvahendit, mis lihtsustab keerulistest protsessidest arusaamist.

Programm koosneb sammudest, mida kujutatakse nummerdatud plokkidena. Iga plokk sisaldab üht või mitut operatsiooni, mille täitmine on seotud tingimustega. Tingimusi kujutatakse kas kontaktskeemina, käsulistina või kõrgkeeles.

See programmeerimisviis võimaldab plokkide paralleelset tööd.



Joonis 4.2.5. Algoritmi plokskeemi näide.



**Mõelge.** Mis eelised ja puudused on algoritmi plokskeemina programmeerimisel?



**Mida veel lugeda.** Tabellenbuch Metall. 2005. Europa-Nr. 10609



#### Kontrollküsimused

23. Mis on programm?
24. Mis elementidest koosneb juhtprogramm?
25. Mis on kompileerimine?
26. Millisteks tüüpideks jaotatakse juhtprogramme täitmise järgi?
27. Mida pakub standard IEC 61131-3 kontrollrite ja tarkvara tootjale?
28. Millised puudused ja eelised on graafilisel programmeerimisviisil?
29. Millised puudused ja eelised on FBD programmeerimisel?
30. Millised programmeerimiskeeled kuuluvad madala nivoo programmeerimiskeelete hulka?
31. Millised puudused ja eelised on STL programmeerimisel?
32. Milline programmeerimiskeel on elektriskeemi sarnane?



#### Ülesanded.

Kirjutage FBD, LAD, STL juhtprogrammid ülesannetele 3.2 ja 3.3.

## Kasutatud kirjandus:

1. Lehtla, T., Rosin, A. Loogika ja programmeerimine. Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 2003.
2. Lehtla, T., Rosin, A. Automaatika. Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 2001.
3. Rosin, A. Programmeeritavad kontrollid Simatic S7. Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 2000.
4. Tabellenbuch Metall. Europa-Nr. 10609, 2005.
5. Lehtla, T. Andurid. Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 1995.
6. Naadel, R. Automaatjuhtimise alused. Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 2006.
7. Калабеков. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. Москва: Горячая линия – Телеком, 2005.
8. Sedjakin, A. Методика преподавания практикума «автоматизация». 2nd International Symposium „Topical Problems of Education in the Field and Power Engineering”. Tallinn Technical University, 2005.
9. <http://www.automation-drives.ru/07.10.2007>

## Illustratsioonid

10. Sedjakin, A.
11. Lehtla, T., Rosin, A. Loogika ja programmeerimine. Tallinn: TTÜ elektriajamite ja jõuelektronika instituut, 2003.
12. <http://et.wikipedia.org/wiki/> 11.09.2007

# EESTI-VENE SÕNASTIK

<i>EESTIKEELNE VASTE</i>	<i>VENEKEELNE VASTE</i>	<i>LK.</i>
absoluutviga	абсолютная ошибка	24
algebraalise avaldise pikkuse vähendamise	уменьшение длины алгебраического выражения	43
algoritmi plokk skeem	блок-схема алгоритма	50, 52
analoog-digitaalmuundur	аналогово-цифровой преобразователь	25, 26
analoogsignaali	аналоговый сигнал	21, 22
analüüsitakse anduritelt saabuvat informatsiooni	анализируется поступающая от датчиков информация	9
analüütilise lausena	аналитическим предложением	33, 34
andmed	(информационные) данные	17
andmetöötlusvahendid	средства обработки данных	9
andur	датчик	9, 10
arenguetapp	этап развития	6
argumendid ja funktsioon	аргументы и функция	32, 33
arvavaldis	числовое выражение	18
arvjuhtimisega tööpink	станок с числовым управлением	6
arvkood	числовой код	23, 24
arvude piirkond	диапазон чисел	19, 21
asendiandur	датчик положения	26, 30
asenduma	смениться	6
asetama vahepositsiooni	установить в промежуточное положение	13
automaatikaga seotud rakendustes	применяется в автоматике	26, 30
automaatne juhtimisüsteem ehk automatiseeritud juhtimisüsteem automaatseadme tegevus	автоматическая или автоматизированная система действие автоматического устройства	8, 9
avaldis	выражение (представление)	18, 21
avatud süsteem	открытая система	8
bait	байт	18
bitt	бит	18
bittoperatsioon	(одно-) битовая операция	47
disjunktsioon	дизъюнкция	38, 42

diskreet- ehk kombinatsioonseade	дискретное или комбинационное устройство	32, 33
diskreetsignaal	дискретный сигнал	22, 23
dünaamiliselt muutuvate protsesside kujundamiseks	для изображения динамически изменяющихся процессов	34, 35
<b>e</b> lektriahela olek	состояние электрической цепи	18
elektrimootori käivitamiseks	для включения электромотора	11
elektrivool	электрический ток	18, 37
elementaardisjunktsioon	элементарная дизъюнкция	42
elementaarfunktsioonid	элементарные функции	38
elementaarkonjunktsioon	элементарная конъюнкция	42
elementaarkonjunktsioonide disjunktsioonina	дизъюнкция (сумма) элементарных конъюнкций (произведений)	42
elementaarne loogikalülitus	элементарный логический ключ (действие)	36
energia liik	вид энергии	21, 26
esemete asendid	положение предметов	30
esmärväärtus	первичное значение	13, 14
etteantud programmi järgi	по заданной программе	14
<b>f</b> unktsionaalplokkide vastastikuste seoste näitlikkus	наглядность взаимосвязей функциональных блоков	36
funktsiooni graafiliseks esituseks	для графического изображения функции	34, 35
füüsilised suurused	физические величины	
<b>h</b> indama	оценивать	8
häiringud	помехи	6
hüdro- või pneumojaotur	гидро- или пневмораспределитель	13
hüppeoperatsioon	операция «прыжок»	46, 47
<b>i</b> ga teatud ajavahemiku järel	после каждого известного промежутка времени	16
impulsmoodustaja	устройство, производящее импульсы	44, 45
impulss-signaal	импульсный сигнал	23, 24
induktiivsed ja mahtuvuslikud	индуктивные и ёмкостные	28, 29
info saatja ja info vastuvõtja vahel	между передатчиком и приёмником информации	17, 22
infoedastus ja -töötlus	передача и обработка информации	6



infokandjad	носители информации	17
infomärk	знак информации	17
infosõna	параметры	20, 21
infotajumise kokkulepe	договор о восприятии информации	17
infoühik	единица информации	18
infoühiskond	информационное общество	6
inimese osalise osavõtuga	с частичным участием человека	7, 8
inversioon	инверсия	37, 38
<b>j</b> aoatud programm	блочная (разветвленная) программа	47, 48
juhitava protsessiga seotud tarkvarast	(состоит) из программного обеспечения, связанного с процессом управления	9
juhtimissignaali mõjul	под действием управляющего сигнала	12, 13
juhtimissüsteem	система управления	8, 9
juhtimissüsteemi alus	основание системы управления	10, 11
juhtimisülesanne	задача управления	51, 52
juhttoime	управляющее воздействие	6
jälgimiseks, juhtimiseks ja programmeerimiseks	для наблюдения, управления и программирования	9
järjendloogikalülitused	ключи (схемы) последовательной логики	44, 45
<b>k</b> ahe- ning kolmejuhtmelised	двух- и трехпроводные	30
kahendarv	двоичное число	18
kahendarvukoht	разряд двоичного числа	18
kasutatakse reeled	используются реле	9
kasutuselevõtt	внедрение	6
kasutusotstarve	способ использования	30
kiirendus	ускорение	26
kirjutab uued olekud väljundkaardile	записывает новые состояния в карту выхода	15, 16
kodeerimine	кодирование	17
kolb	поршень	13
kolmefaasilise toitevooluga	с трехфазным питающим током	11
kolvi liikumise põhjuseks	причиной движения поршня	12, 13
kombinatsioon	комбинация	21
compileerimine	компиляция	49, 53
konjunktsioon	конъюнкция	39, 42

kontaktskeem	контактная схема	50
koodimuundurid	преобразователь кода	26
koormus	нагрузка	12
koosneb liikumatust silindrilisest korpusest	состоит из неподвижного цилиндрического корпуса	12, 13
koosneb üld- või eriotstarbelisest kuvarist	состоит из мониторов общего и специального назначения	9
kui tingimused on täidetud	если условия выполнены	13, 14
kujund	изображение	17
kujundab endast mälupeade maatriksi	представляет из себя матрицу (ячеек) памяти	20, 21
kümnendarv	десятичное число	24
kvantimine	квантирование	22, 23
käitatava mehhanismi asend	положение включаемого (управляемого) механизма	26, 30
kõrgkeeled	высшие языки	50
kõrgsagedusgeneraatoril põhinev tajur	измерительная головка, основанная на (работе) высокочастотного генератора	30
kõrvalekaldumise järgi	по отклонению	7, 8
käsulist	список команд	50, 51
<b>lahknemise tulemus</b>	результат вычитания	24
laialt levinud tööstuskontrollerite programmeerimiskeelte hulka	(входит в число) широко распространенных языков программирования промышленных контроллеров	35, 36
liigitage see süsteem osadeks	подразделить систему на части	22
liigitama	подразделять	22
liigitus	подразделение	25, 26
liikumisparameetrid	параметры движения	26
liikumissuund	направление движения	12, 13
lineaar- ning sammuprogrammid	линейные и шаговые программы	46, 47
loendusoperatsioon	операция счёта	47
loogikaelemendi funktsionaalne skeem	функциональная схема логического элемента	51, 52
loogika tehete kombinatsioon	комбинация логических действий	33
loogikalüliti	логический ключ (действие)	33
loogikaskeem	логическая схема (логическая функциональная блок-диаграмма)	34, 50

loogikaskeem ning kontaktskeem	логическая и контактно (-релейная) схема	34, 35
loogikasõltuvus	логическое взаимодействие	34
loogikatehe	логическое действие	35, 38
loogiline null (üks)	логический ноль (единица)	22, 24
loogiline olek	логическое состояние	18, 36
loogiline tehe	логическое действие	13, 14
loogilised muutujad	логические переменные	32, 33
loogiliselt täielik süsteem	логически полная система	38
lõpmatu arv	бесконечное число	21, 22
lähedusandur	датчик приближения	28, 30
<b>m</b> adala nivoo keel	язык низкого уровня	51, 52
matemaatiline avaldis	математическое выражение	36, 37
mehhanismi käivitav seade	устройство, включающее механизм	10, 12
minimaalne disjunktiivne normaalkuju ehk MDNK	минимальная дизъюнктивная нормальная форма	43
minimeerimine	минимизация	43
mitmekordseks käivitamiseks	для многократного включения	12
mitte-, mono-, bistabiilne	не-, моно-, би-стабильный	45
moodustatakse	образуется	9, 10
moodustavad mitmebitilised ühikud	образуют многобитовые единицы	19, 21
mõõtmine	измерение	8
muudab suruõhu sisse- ning äravoolu suunda	изменяет направление притока и оттока сжатого воздуха	13
muutmata väärtus	неизменное значение	22, 23
muutub katkematult ehk pidevalt	изменяется непрерывно или постоянно	22, 23
muutuvate koormustega	с изменяющимися нагрузками	12
mõju avaldama	оказывают влияние	6
mõõdetav füüsikaline suurus	измеряемая физическая величина	26
määramine	определение	32, 33
mäluelement	элемент памяти	44, 45
mälukiip (integraallülitus)	интегральная микросхема	20, 21
<b>n</b> ihkeoperatsioon	операция сдвига	46, 47
nii käivitamis- kui ka peatamisrežiime	как для режима включения (разгона), так и для режима остановки	12
nii signaali nivoo järgi kui ka ajas	как по уровню, так и по времени	22, 23
nivoo	уровень	22, 24

normaalselt avatud kontakt	нормально открытый контакт	36
objekti lõpu- ning vahepositsiooni määramiseks	для определения конечного и промежуточного положения (позиции) объекта	18
olekujoon ning signaaljoon	линия состояния и линия сигнала	35
on graafikakujundi väärtusega	обладает ценностью графического изображения	36
on seotud riistvaraseadme muutmise	связанно с изменением аппаратного устройства	14
operatsioonisüsteem pöördub tagasi ploki algusesse	операционная система возвращается обратно в начало блока	48, 49
operatsioon- ning tingimusosa	операционная и условная часть	46, 47
parameetrid	параметры	13, 19
peatüki eesmärgid	цели главы	
peegeldunud kiire	отраженный луч	28, 29
pidevad või diskreetsed regulaatorid	постоянные или дискретные регуляторы	9, 10
pidevalt toimub informatsiooni vahetus	постоянно действует обмен информации	10
pidevatoimelised	постоянно действующие	21, 22
piirlüliti	концевой выключатель	27, 30
pooljuhtmälu	полупроводниковая память	18
positsioneerimine	позиционирование	13
potentsiomeeter	потенциометр	29, 30
primaar- sekundaarmuundurid	примарные (первичные)- секундарные (вторичные) преобразователи	26
programmeerimise põhimõtted	принцип действия программирования	50, 51
programmi põhjal	на основе программы	15, 16
programmjuhtimine	программное управление	7, 15
programmjuhtimisseadmed	устройства программного управления	15, 16
proportsionaaljaoturid	пропорциональные распределители	12, 13
protsessijuhtimise eeskiri	предписание процесса управления	9, 10
puuduseks on see	к недостатку (относится) то	36
põhilised tehnilised karakteristikud	основные технические характеристики	
põhiloogika- ja kasutaja loogikafunktsioonid	логические функции основной логики и логики пользователя	51, 52

põhimõisted	основные понятия	6, 10
pärib kõigi sisendite olekuid	опрашивает все состояния входов	15, 16
pärima	осведомляется (опрашивает)	21
päring	логический ноль (единица)	15, 48
pöörlemissagedus	частота вращения	12, 28
pöörlemissuuna muutmiseks	для изменения направления вращения	11, 12
<b>rahvusvaheline standard</b>	международный стандарт	51
rakendatud juhtseadmetest	из используемых (для этого) устройств управления	6, 7
reele-juhtimislülitused	релейные схемы управления	51
reele mähise K1 aktiveerimisel	при активизации катушки реле	
riistvaraprogrammide hulka kuuluvad erinevad riistseadmed	к жестким программам принадлежат различные аппаратные устройства	14
<b>saabub anduritelt signaal</b>	поступает сигнал от датчиков	15, 16
sagedusmuundurid	преобразователи частоты	12
salvestab need vahemällu	сохраняет их в промежуточную память	15, 16
sammude kaupa	по-шагово	34, 35
sammu- ehk olekudiagramm	шаговая диаграмма	35
sammumootorid	шаговые моторы	
seadistaja	настройщик	16
sihipärane tegevus	целенаправленное действие	7
siirdamisoperatsioon	операция перемещения	47
siire	перемещение, перенос	26
silinder	цилиндр	11, 13
sisaldab kõiki tänapäeva kõrgkeeltes esinevaid põhikäske	содержит все основные приказы всех сегодняшних высших языков	51, 52
sisend	вход	7, 14
sisendite olekud	состояния входов	16
sisendmoodulid: signaalmuundurid, võimendid, eraldusplokid, filtrid, kaitseahelad sisendseadmed: lülitid, kontaktid, andurid	входные модули: преобразователи сигнала, усилители, разделяющие блоки, фильтры, защитные цепи входные устройства: выключатели, контакты, датчики	9, 10
sisestajana ehk programmeerijana	вводящим (программу) или программистом	7, 8
siselülitatud	включен	19
spetsiaalsete funktsioonide täitmiseks	для выполнения специальных функций	14

suhtelist nihutamist ajas	относительное перемещение во времени	34
suletud kontuuriga süsteem	система с закрытым контуром	
suletud või avatud olek	закрытое или открытое положение (состояние)	26, 30
süntees	синтез	42
suur osa looduslikest (signaalidest)	большая часть природных (сигналов)	21, 22
suvalisel ajahetkel	в произвольный момент времени	21, 22
sõltuvad väljundmuutujate olekud sisendmuutujatest	состояния выходных переменных зависит от входных переменных	32, 33
sõltuvalt erinevusest tegeliku ja soovitud tulemuse vahel	в зависимости от разности между действительным и желаемым результатом	8
sõltuvalt sisendplokist saadud informatsioonile	в зависимости от поступившей из блока входа информации	15, 16
sõna-analüütiline viis	словесно – аналитический способ	33, 34
<b>tagasiside</b>	обратная связь	7, 8
tajukaugus	дальность срабатывания (восприятия)	29, 30
talitlema	функционировать	28
talitlus	функционирование	28, 30
tarkvaraprogrammid edastatakse elektroonilisel kujul	виртуальные программы передаются в электронном виде	14
teadus- ja tehnikaarengu tulemus	результат развития науки и техники	6
teadusharu mõtlemisest ning selle seaduspärasusest	ветвь науки о мышлении и его взаимосвязях	33
teatud ajahetkel	в известный момент времени	15, 16
teatud ajavahemiku jooksul	в течение известного промежутка времени	44, 45
teatud sagedusega impulsse	импульсы известной частоты	44, 45
teisendusoperatsioon	операция преобразования	47
teostada järelvalvet	осуществлять надзор	7, 8
tingimustega seotud järjekorras	в последовательности, связанными с условиями	13, 14
toiming	действие	6, 7
toimivad jõud	действующая сила	26
trigger	триггер	18, 19
tsüklite käsk	приказ циклов	51, 52

tuleb muuta	придется изменить	11, 16
tulemus	результат	6, 7
tuletame meelde	напоминаем	35, 36
tuvastatav objekt	распознаваемый объект	28, 30
tõde	правда	
tõeväärtustabel	таблица истинности	33, 37
tõkestus	преграждение (пересечение)	28, 30
tõuge	толчок	26
tähistama	обозначать	7
täidetakse ettemääratud tingimuste täitmisel	выполняется при условии выполнения заданных условий	13, 14
täielik disjunktiiivne normaalkuju	совершенная дизъюнктивная нормальная форма	42
täpseks positsioneerimiseks	для точного позиционирования	12, 13
tööpõhimõte	принцип действия	11, 16
tööstus- ning personaalarvutid	промышленные и персональные компьютеры	10
türistorvõtmed	тиристорные ключи	
<b>vahelduvvoolu faaside järjestust</b>	последовательность фаз переменного тока	
vaikeolek	состояние «по умолчанию»	45
vale	ложь	
valem	формула	42
valguskiire	световой луч	28
valikukäsk	приказ выбора	51, 52
vastavus etteantud kriteeriumitele	соответствие заданным критериям	8
vastuvõetavaks	воспринимаемым	10, 12
vedelik on praktiliselt kokkusurumatu	жидкость практически несжимаемая	12, 13
viivad normeeritud kujule	приводят к нормированному виду	26
viivitusoperatsioon	операция задержки (времени)	47
võimendab	усиливает	10, 12
võimsus ja mälu maht	мощность и объем памяти	52
võrdlusoperatsioon	операция сравнения	47
väljalülitatud	выключен	19
väljastab käsud	выдает (производит) команды	14
väljastatakse informatsioon väljunditele	информация поступает на выходы	10, 12

väljund	выход	6, 7
väljundi olekud	состояния выхода	
väljundmoodulid - signaalimuundurid, võimendid, kaitseahelad	выходные модули: преобразователи сигнала, усилители, защитные цепи	9, 10
väljundsignaali hüsterese olemasolu	наличие гистерезиса в выходном сигнале	28, 30
väärtus	значение, ценность	13, 14
õhu kokkusurumise tõttu	по причине сжимаемости воздуха	12, 13
ühekiirelise valgusanduri tööõhimõte	принцип действия однолучевого светового датчика	26
ühendatakse kontrolleri sisendiga	соединяется со входом контроллера	16
üldlevinud	общераспространённые	51, 52
ümardatud arvud	округлённые числа	24
ümber töötada	обработать	
ümberprogrammeerimine	перепрограммирование	14