

V Tehnikaolümpiaad

Praktiline voor

Iga ülesanne tuleb lahendada eraldi lehele ja igale lehele kirjutada oma kood.

P1. Termoanemomeeter (12 p.)

Tuule kiiruse mõõtmiseks on mitmeid viise: alates mehaanilistest tiivikutest kuni ultraheli- ja manomeetriteliste lahendusteni. Neid seadmeid nimetatakse anemomeetriteks. Väikeste kiiruste registreerimiseks sobib hästi termoanemomeeter, mis kasutab ära õhuvoolu jahutavat mõju.

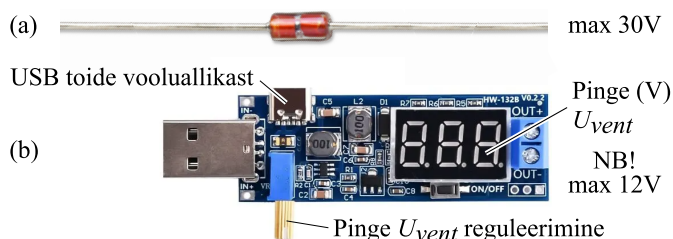
Teoreetiline taust

Termoanemomeetri töö põhineb kütteelemendi (anduri) ja õhuvoolu vahelisel soojusvahetusel. Dünaamilises tasakaalus võrdub anduris eralduv elektriline võimsus P keskkonda antava soojusvooga, mida kirjeldab seos $P = k\Delta T$. Siin on $\Delta T = T_{andur} - T_{õhk}$ temperatuurivahe keskkonnaga. Summaarne soojusülekan-detegur k ($W/^\circ C$) koondab endasse nii konvektsiooni kui ka soojusjuhtivuse läbi anduri jalgade.

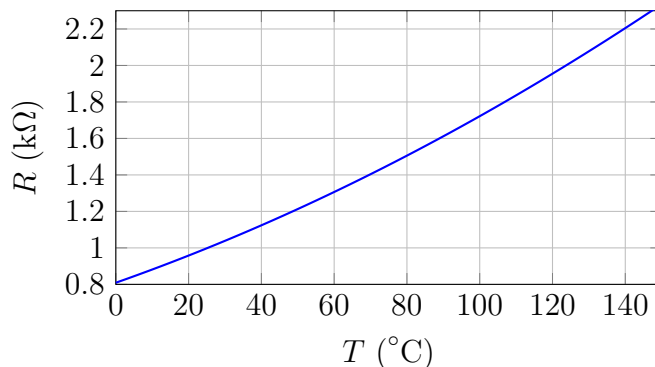
Tegur k sõltub õhu kiirusest v ja seda saab modelleerida kujul $k(v) = a + b\sqrt{v}$, kus konstant a kirjeldab anduri baassoojuskadu seisvas õhus ($v = 0$) ning kordaja b (liige $b\sqrt{v}$) tuule jahutavat mõju. Kuna anduri elektritakistus R sõltub temperatuurist (vt joonis 2), võimaldab voolutugevuse mõõtmine püsival pingel leida nii anduri hetketemperatuuri kui ka jahutusvõimsuse, millest piisab õhu kiiruse v arvutamiseks.

Katsevahendid

Anemomeetri andur (Joonis 1 a); toru siseläbimõõduga 10,8 cm; otsakork; kilekott 60 L; ventilaator; vooluallikas (Joonis 6, vt järgmine leht); ventilaatori toitemoodul (Joonis 1 b); multimeeter; stopper; kummipael kilekoti kinnitamiseks; väike toru; ruumiõhu termomeeter žürii laual.



Joonis 1: Andur ja ventilaatori toitemoodul.



Joonis 2: Anduri elektritakistus erinevatel temperatuuridel ($R \approx 809 + 7,029T + 0,021T^2$)

Ülesanne

Järgnevas eelda, et ventilaatori õhuvoolu kiirus on võrdeline toitepingega ($v \propto U_{vent}$). Tähelepanu! Vooluga andur on puudutades kuum!

a) Määra eksperimentaalselt ventilaatori tekitatava õhuvoolu kiirus v_{max} nimipingel 12 V (kiirusel 1800 p/min). Kasuta selleks kilekotti ja toru, mõttes koti täitumise aega. (NB! Ventilaatori maksimaalne lubatud pinge on 12 V.) (3 p.)

b) Kinnita andur toru sisse läbi torus olevate väikeste aukude. Leia katseliselt anduri soojusülekan-detegur k erinevatel ventilaatori kiirustel (kasuta anduri toitepinget 30 V ja muuda U_{vent}). Esita saadud tulemused graafikuna kujul $k = f(\sqrt{v})$ ning leia graafiku abil konstandid a ja b . (3 p.)

c) Eemalda ventilaator ja multimeeter ning tule oma anemomeetriga žürii laua juurde. Mõõda seal kahe erineva õhuvoolu parameetrid. Mine kohale ja arvuta tundmatud kiirused v_1 ja v_2 . (2 p.)

d) Mõtle välja termoanemomeetril põhinev meetod ventilaatori poolt tekitatava maksimaalse ülerõhu Δp mõõtmiseks (so rõhk, mida ventilaator tekitab torus, mis on teisest otsast suletud). Leia see Δp katseliselt. Kasuta Bernoulli seadust, mis ütleb, et piki õhusakese teekonda (voolujoont) on osakese koguenergia konstantne: $p + \rho v^2 / 2 = \text{const}$. See tähendab näiteks, et suletud toru sees olev ülerõhk Δp muundub väikesest avast väljudes õhujoa kineetiliseks energiaks. Eelda, et õhu tihedus on $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$. (4 p.)

P2. Digitarkus (12 p.)

Tänapäeva nutiseadmed, olgu selleks nutitelefon või maailma võimsaim superarvuti, räägivad kõik ühte ja sedasama keelt – binaarloogikat. Kõik keerulised algoritmid ja tehisintellekti mudelid on tegelikult üles ehitatud vaid käputäiele elementaarsetele loogikatehetele.

Käesolev ülesanne viib meid tagasi infotehnoloogia juurte juurde. Me uurime NAND-loogikat, mida tuntakse kui universaalset ehituskivi. Juba 19. sajandil tõestas Charles Sanders Peirce, et vaid üheainsa tehte – NING-EI (NAND) – abil on võimalik konstrueerida kõik ülejäänud loogikafunktsioonid. See tähendab, et teoreetiliselt saaks kogu maailma tarkvara jooksutada süsteemil, mis koosneb vaid nendest lihtsatest elementidest.

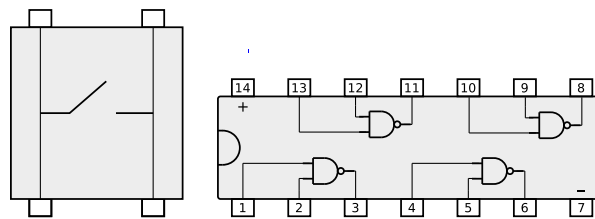
Lisaks loogikale on digitaalses kommunikatsioonis kriitiline roll andmeturvel. Siin astub mängu VÄLISTAV-VÕI (XOR) tehe. See on unikaalne operatsioon, mis toimib nagu peegel: see ei hävita informatsiooni, vaid võimaldab seda võtme abil tundmatuseni muuta ja hiljem kadudeta taastada. See on sümmeetrilise krüpteerimise alustala, mis kaitseb meie andmeid igapäevaselt.

Selles ülesandes alustame lihtsast invertteerimisest ja liigume praktilise andmete dekrüpteerimiseni.

Teoreetiline taust

Makettplaadi (Joonis 3) keskne komponent on loogikiip SN7400N, mis on funktsionaalselt väga lihtne: selle ainus ülesanne on sooritada NING-EI (NAND) loogikatehet (vt Joonis 4). Kuna kiibis on neli sellist sõltumatut elementi, saab korraga teha kuni nelja eraldiseisvat tehet. Kiibi tööks on vajalik 5V püsitoitepinge, mis ühendatakse diagonaalselt paiknevate viikude + ja – vahel. Abstraktsete loogikamuutujate $x_1, x_2 \in \{0, 1\}$ realiseerimiseks teisendatakse need elektrilisteks potentsiaalideks: loogilisele ühele vastab kõrge nivoo (sisend ühendatud +5V-ga) ja nullile madal nivoo (sisend maandatud). Kiip analüüsib sisendpingeid ning väljastab vastavalt NAND-funktsioonile uue potentsiaali 0 V või +5 V, mida visualiseeritakse valgusdiodiga (LED).

Märkus: kiibi ja diodi kaitseks on vajalikud voolu piiravad eeltakistid (D ja E joonisel 3), et vältida nii diodi kui kiibi läbipõlemist.



Joonis 3: Lüliti (B joonisel 5) ja loogikiibi SN7400N (A joonisel 5) skeemid.

Katsevahendid

Makettplaat, millele on eelnevalt paigaldatud toitemoodul, takistid, kaks lüliti, kaks loogikiipi ja punane LED lamp; juhtmed makettplaadil ühenduste loomiseks; 9V patarei makettplaadi toitmiseks.

Ülesanne

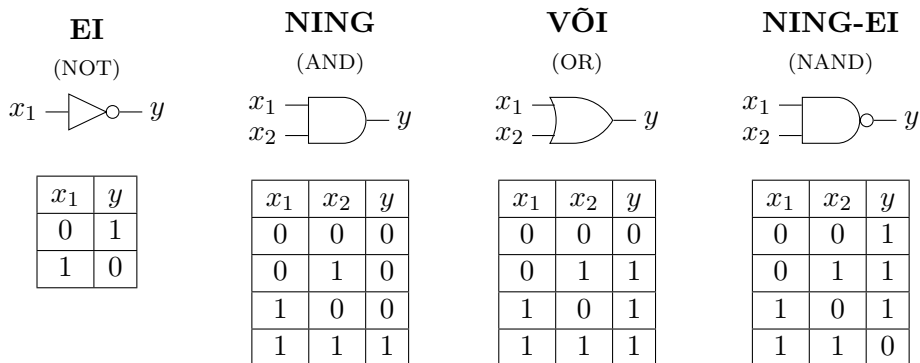
Ülesanded *a*, *b*, *c* koosnevad kolmest osast: esitada matemaatiline avaldis, joonistada elektriskeem ja demonstreerida žüriile kokkupandud skeemi töövoimet makettplaadil. Skeemi õigsust kontrollitakse punase LED-i abil. Punane tuli vastab loogilisele ühele (1) ja kustusolek loogilisele nullile (0). *Märkused:* Nuppe vajutades ei tohi toitemooduli roheline diodi heledus väheneda. Lahendusi võib žüriile demonstreerida ühekaupa.

a) Kasutades NING-EI loogikaelemente, realiseerige loogikavärv EI (NOT), mille väljund on sisendile vastupidine: kui sisend on 0, on väljund 1, ja vastupidi. (1 p.)

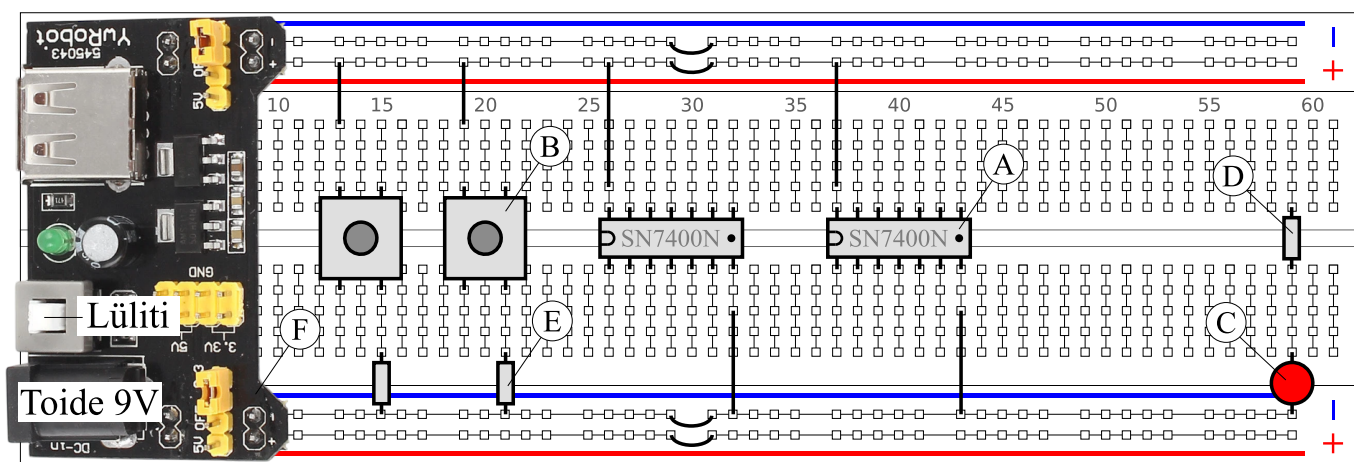
b) Kasutades NING-EI loogikaelemente, realiseerige loogikavärv VÕI (OR), mis väljastab signaali 1, kui vähemalt üks sisend on 1, ja signaali 0 vaid siis, kui mõlemad sisendid on 0. (3 p.)

c) Kasutades NING-EI loogikaelemente, realiseerige loogikavärv „Välistav VÕI“ (XOR). See on tehe, kus väljund on 1, kui sisendid on erinevad, ja 0, kui sisendid on võrdsed. (4 p.)

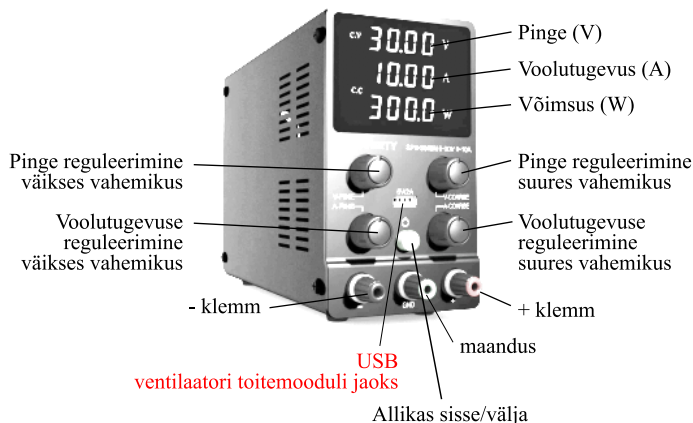
d) Andmete dešifreerimine. Kasutades punktis *c* loodud XOR-loogikat, dešifreerida arvude jada: 223, 214, 207, 210. Dešifreerimiseks tuleb iga arv teisendada 8-bitiseks binaarkujuks ning sooritada sellega bitikaupa XOR-tehe, kasutades võtit 13 (1101_2). Kuna võti on 4-bitine, kordub see igas baidis kaks korda (baidi puhul on XOR-maskiks 11011101_2). Vastuseks esitada saadud nelja baidi väärtused kümnendarvudena. (4 p.)



Joonis 4: Põhiliste loogikaelementide tingmärgid ja tõeväärtustabelid.



Joonis 5: Makettplaat ja sellel olevad komponendid. Makettplaat (või arendusplaat) on jootmisvaba alus skeemide koostamiseks. Plaadi keskmises osas on kontaktid asetatud lühikeste veergudena 5 pesa kaupa, kusjuures iga veeru pesad on omavahel elektriliselt ühendatud: $\square-\square-\square-\square-\square$. See tähendab, et kõik ühte sellisesse veergu torgatud juhtmed ja komponendid on omavahel kontaktis. Plaadi ülemises ja alumises servas on horisontaalsed toitesiinid, kus kõik kontaktid on reas omavahel ühendatud. Need on mõeldud toite + (5 V) ja maanduse - (0 V) jaotamiseks üle kogu plaadi. Muud komponendid: A - SN7400N loogikakiip NING-EI (NAND) tehete jaoks; B - lüliti; C - 5 V LED lamp; D - takisti 330 Ω; E - takisti 3,3 kΩ; F - makettplaadi toitemoodul ja pingemuundur (9 V → 5 V).



Tähelepanu!

Ülesanne P1: Pinge lubatud vahemik +/- klemmidega ühendatud termoandurile on 0 – 30 V, voolutugevus on sealjuures u 0 – 0,03 A. Samasse ahelasse tuleb ühendada ka multimeeter ja seadistada voolutugevuse mõõtmiseks mA režiimis. (multimeeter ühendada jadamisi anduriga!). NB! Takistust ei tohi multimeetriga kunagi mõõta pingestatud ahelas!

Ülesanne P2: Ei kasuta seda vooluallikat.
 Ülesanne P3: Ei kasuta seda vooluallikat

Joonis 6: Vooluallikas ülesandes P1.

P3. Päästevest (12 p.)

Süsinikdioksiidi (CO₂) kontrollitud tootmine keemiliste reaktsioonide abil on leidnud laialdast rakendust nii tööstuses kui ka igapäevastes tehnoloogilistes lahendustes. Happe ja vesinikkarboonaadi vaheline reaktsioon, mille käigus eraldub CO₂, on üks lihtsamaid ja ohutumaid viise gaasi tekitamiseks madalatel temperatuuridel ja normaalrõhul. Sellist reaktsiooni kasutatakse näiteks toiduainetööstuses küpsetuspulbrite koostises, tulekustutites ning isetaäituvates päästevestides (Joonis 7) ja hädaolukorra ujukites.

Päästevarustuses on eriti oluline gaasi koguse täpne arvutamine, kuna ülerõhk võib kahjustada seadmeid, samas kui ebapiisav gaasikogus ei taga vajalikku ujuvust. Seetõttu kasutatakse tehnoloogilistes rakendustes sageli eelnevalt arvutatud reaktsioonitingimusi ja rangelt doseeritud lähteaineid. Käesolev praktiline töö käsitleb CO₂ teket happe-aluse reaktsioonis, keskendudes stoikhomeetritele arvutustele ning gaasi mahu seosele reaalse tehnoloogilise rakendusega.



Joonis 7: Päästevest. Vasakul on gaasitäitemehhanism (tavaliselt peidus) koos päästikunööriaga.

1 H 1,008	6 C 12,01	8 O 16,00	11 Na 22,99
-----------------	-----------------	-----------------	-------------------

Joonis 8: Väljavõte perioodilisustabelist.

Õhupalli läbimõõt (cm)	CO ₂ maht (L)
6,0 – 6,5	0,5
7,0 – 7,5	0,8
8,0 – 8,5	1,0
9,0 – 9,5	1,3
10,0 – 10,5	1,5
11,0 – 11,5	1,8
12,0 – 12,5	2,0
13,0 – 13,5	2,3
14,0 – 14,5	2,5

Joonis 9: Seos õhupalli läbimõõdu ja CO₂ mahu vahel.

Katsevahendid

Sidrunhape (C₆H₈O₇), söögisooda (NaHCO₃), lehter, vesi, mõõtsilinder, õhupall, plastikpudel (0,5 L), kaal, mõõdulint, teip, tabelid (Joonis 8 ja Joonis 9)

Ülesanne

- a) Kirjuta ja tasakaalusta reaktsioonivõrrand sidrunhappe ja söögisooda reaktsiooni jaoks. (1 p.)
- b) Arvuta vajalikud ainete massid, et tekitada 2,5 L gaasi (eeldusel, et gaasi molaarruumala $V_m = 24,4 \text{ L/mol}$). (2,5 p.)
- c) Teosta katse. Mõõda õhupalli übermõõt kõige laiemast kohast, arvuta läbimõõt ning leia tabeli abil (Joonis 9) tekkinud CO₂ maht. (2,5 p.)
- d) Arvuta katse saagis protsentides. (1 p.)
- e) Miks võib tegelik CO₂ kogus erineda teoreetilisest? Anna vähemalt kaks põhjust. (1,5 p.)
- f) Reaalses tootmises tuleb mahtusid skaleerida vastavalt päästevesti otstarbele. Oletame, et päästevest on mõeldud kasutamiseks $m = 80 \text{ kg}$ inimese jaoks merevees tihedusega $\rho_v = 1025 \text{ kg/m}^3$. Ohutuse tagamiseks peab 15% inimese ruumalast olema vee peal. Kui suur peab olema päästevesti minimaalne maht V ja mis massis lähteaineid (sidrunhapet ja söögisoodat) on selle täitmiseks vaja? Inimese keskmiseks tiheduseks võtta $\rho_i = 1010 \text{ kg/m}^3$. (3,5 p.)