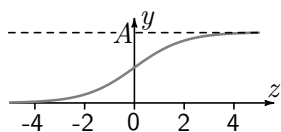


E1: Süvaõpe (10 p)

Kaasaegsed tehisinärvivõrgud (ANN-id) koosnevad miljarditest neuronitest. Iga neuron teisendab oma sisendid $x_1, x_2, \dots, x_n$ väljundiks y . Kõigepealt arvutatakse

$$z = w_1x_1 + w_2x_2 + \dots + w_nx_n + b$$

kus w_i on reaalarvulised *kaalud* ja b on reaalarvuline *nihe*. Seejärel rakendatakse z -ile *aktiveerimisfunktsioon*, mis annab lõpliku väljundi $y(x_1, x_2, \dots)$. Käesolevas ülesandes uurite neuronit füüsikalist mudelit, mille sisenditeks on elektrilised pinged x_1 ja x_2 , ning aktiveerimisfunktsiooniks on $A\sigma(z)$, mille graafik on toodud allpool, kus $\sigma(z) = 1/(1 + \exp(-z))$ on niinimetatud sigmoidfunktsioon.

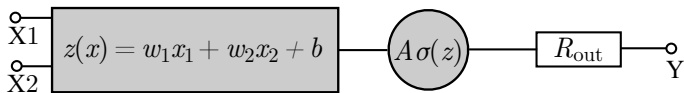


Katsevahendid

Tähtis! Ärge lülitage ühtegi toitepistikut välja.

- (i) Karp, mis sisaldab pingeallikat, neuronit modelleerivat elektroonikaskeemi ning kahte potentsiomeetrit (muudetavad takistid nimedega A-potentsiomeeter ja B-potentsiomeeter). Kasti klemmid on märgitud järgmiselt:

- 1 Kaks omavahel ühendatud GND-klemmi: elektriline *maandus*, mis toimib ühise negatiivse klemmina +V, x_1 , x_2 ja y jaoks.
- 2 +V: pingeallika positiivne klemm.
- 3 X1 ja X2: vastavalt neuronis sisendpingete x_1 ja x_2 positiivsed klemmid. **Neuroni väljund käitub ettearvamatult, kui kumbki neist klemmidest on ilma sisendpingeta.**
- 4 Y: positiivne väljundklemm. See toimib kui reaalne pingeallikas, koosnedes ideaalsest pingeallikast pingega y ja sellega jadamisi ühendatud väljundtakistist R_{out} , ning töötab nagu näidatud allpool.



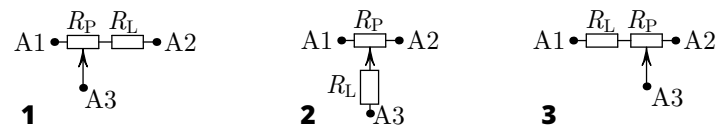
- 5 A1, A2, A3: A-potentsiomeetri klemmid.
- 6 B1, B2, B3: B-potentsiomeetri klemmid.
- 7 T: klemm, mida selles ülesandes ei kasutata.

- (ii) Digitaalne multimeeter koos kahe mõõtejuhmega.
- (iii) Juhtmed banaanipistikutega. Mitut juhet võib ühendada samasse klemmipesasse, kasutades banaanipistikutes olevaid auke. Banaanipistikute kasutamine multimeetriga võib olla ebastabiilne. Vajadusel kasutage krokodillklemmi.
- (iv) Millimeeterpaber. Vajadusel küsige juurde.

Ülesanne 1 (0.5 p)

Klemmid A1, A2 ja A3 on ühendatud A-potentsiomeetriga R_P ja lisatahistiga R_L .

Milline allolevatest skeemidest vastab karbis olevale vooluahelale? Määrake takistused R_L ja R_P ; dokumenteeri teatud mõõtmised.



Märkus B-potentsiomeeter on ühendatud klemmidega B1, B2 ja B3 täpselt samamoodi ja takistused R_L ning R_P on samad tootmistäpsuse piires.

Ülesanne 2 (0.5 p)

Visandage, kuidas tuleb klemmid ühendada, et neuroni sisendpingeid saaks muuta võimalikult laias ulatuses.

Ülesanne 3 (1.5 p)

Koostage (ja dokumenteeri) strateegia, mis võimaldab leida sellise sisendpingete x_1 ja x_2 kombinatsiooni, mis maksimeerib väljundpinge y , kasutades võimalikult vähe mõõtmisi — sõltumata sellest, milliste sisendpingetega alustada. Määrake see maksimaalne pinge y_{max} , mida edaspidi kasutatakse amplituudi A ligikaudse väärtusena, ning dokumenteeri mõõtmised.

Ülesanne 4 (3.5 p)

Määrake kaalud w_1 , w_2 ja nihe b . Kirjeldage tehtud mõõtmisi ja esitage andmed tabelina. Hinnake w_1 , w_2 ja b väärtusi graafilise meetodi abil.

Treenimine seisneb võrgu kaalude optimeerimises soovitud funktsionaalsuse saavutamiseks. See võimaldab ANN-idel lähendada meelevaldseid funktsioone. Iga järgneva ülesande puhul tuleb teil antud katsevahendite abil lähendada erineva ühe sisendpingega funktsiooni. Veenduge, et teie defineeritud sisend ja väljund oleks teie skeemides selgelt tähistatud.

Ülesanne 5 (1.5 p)

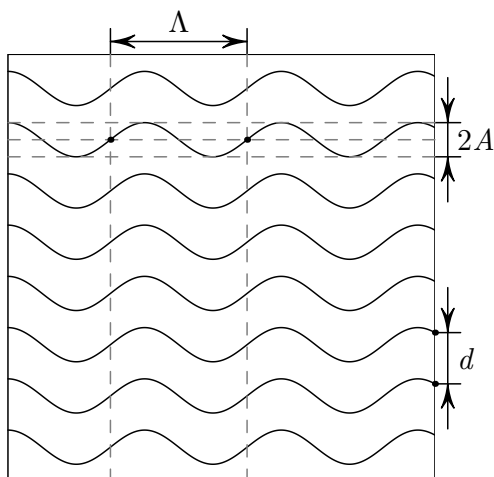
Ühendage klemm X1 otse klemmiga +V. Projekteeri-ge skeem funktsiooni $y_5(x) = A\sigma(w_2x/2 + b_5)$ lähendamiseks, kus x on pinge teie poolt määratud sisendklemmil. Määrake b_5 teoreetiliselt. Implementeeri-ge skeem, tehke mõõtmised ja kontrollige, et teie seadistus toimib ootuspäraselt. Valideeri-ge andmete põhjal b_5 väärtus.

Ülesanne 6 (2.5 p)

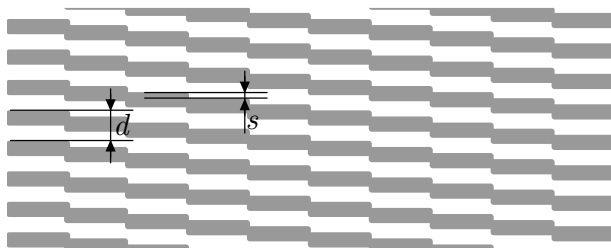
- Määrake Y-klemmi jadamisi väljundtakistus R_{out} . (0.5 punkti)
- Projekteeri-ge skeem funktsiooni $y_6(x) = A_6 \cdot \sigma(w_2x + b) + B_6$ lähendamiseks, kus $B_6 = 1.48$ V. Määrake A_6 teoreetiliselt. Implementeeri-ge skeem ja kontrollige eksperimentaalselt, et teie seadistus toimib ootuspäraselt. Valideeri-ge andmete põhjal A_6 ja B_6 väärtused. (2.0 punkti)

E2: Peidetud muster (10 p)

Teile on antud lame poolläbipaistev kile, mille pinnale on trükitud paljale silmale nähtamatu mikromuster. Muster koosneb suurest hulgast identsetest sinusoididest amplituudiga A ja ruumilise perioodiga Λ , mis on üksteise suhtes vertikaalselt nihutatud kauguse d võrra, nagu näidatud joonisel 1. Mikroskoobi all on näha, et trükitud muster koosneb tegelikult horisontaalsetest joonsegmentidest, mis on naabrite suhtes vertikaalselt nihutatud konstantse sammu s võrra, nagu näidatud joonisel 2.



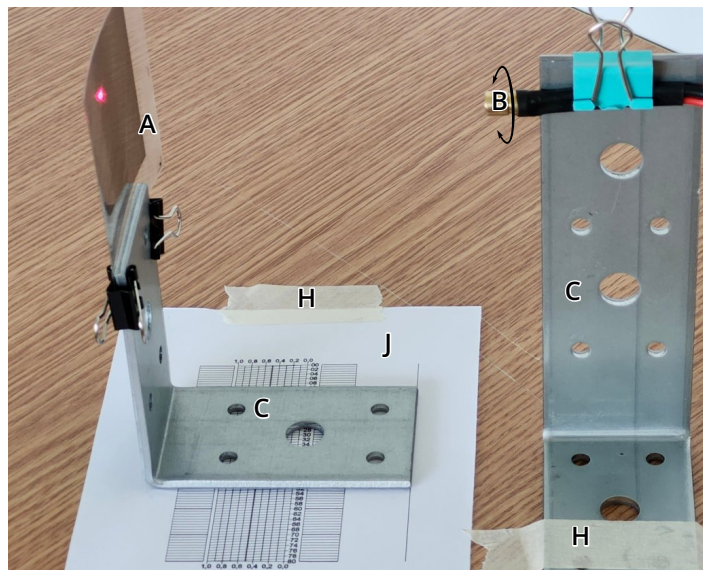
Joonis 1: Muster (ei ole mõõtkavas)



Joonis 2: Muster mikroskoobi all vaadatuna

Katsevahendid (vt ka joonis 3)

- A Poolläbipaistev kile, mille pinnale on trükitud mikromuster.
- B Laserdiodi lainepikkusega $\lambda = (654 \pm 5)$ nm. Laserdiodi kiirt saab fokuseerida soovitud kaugusele, keerates väikest otsakorki, mille sees on lääts.
Hoiatus: Ärge keerake otsakorki täielikult lahti, see tuleb küljest ära! Korgi sees on orienteeritud lääts ja vedru. Kahjustuse korral ei anta teile uut laserdiodi.
- C Kaks 90-kraadise nurgaga L-kujulist terasest nurkrauda, mis toimivad kile ja laserdiodi alusena. Kile saab kinnitada ühe nurkraua külge kaasasolevate väikeste klambritega. Laserdiodi saab kinnitada teise nurkraua külge suure värvilise klambri või ka kummipaeltega.
- D Paberleht trükitud goniomeetriga: polaarkoordinadistik 1 mm raadiaalsete sammudega ja nurkjaotusega kraadides.



Joonis 3: Komponentid A, B, C, H ja J katseseadistuses.

- E Ekraan: katsevahendite karbi suur külgpind. Tühjendage karp ja asetage see lauale nii, et suur pind jääb vertikaalselt.
- F Joonlaud.
- G Mõõdulint.
- H Joonlaua külge kinnitatud kleeplint, mille küljest võib vabalt tükikesi rebida. Kasutage seda goniomeetri kinnitamiseks ekraanile või komponentide kinnitamiseks lauale. Vajadusel küsige kleeplinti juurde.
- I Millimeeterpaber.
- J 80 mm paberist mõõteskaala diagonaalsete abijoontega, mis võimaldavad mõõta jaotiste murdosi täpsusega ± 0.1 mm.

Vihje: Kõikide mõõtmiste puhul võite ekraanile teha märkmeid.

Tähtis: Eeldage, et laua pind on tasane ning ekraan on lauaga täpselt risti.

Ülesanded (10,0p)

Määrake võimalikult täpselt:

- a Sinusodi periood Λ . (2p)
- b Sinusoidide vaheline vertikaalne nihe d (2p)
- c Sinusoidi amplituud A (3p)
- d Trükisammu kõrgus s (3 p)

Kõigi ülesannete puhul eeldatakse, et te:

1. teete seadistuse visandi ja/või põhjendate vasta-va suuruse mõõtmise meetodit;
2. esitate oma mõõtmised ja arvutused tabelina;
3. hindate otsitavaid suurusi ja nende määramatust graafiliselt, juhul kui see on mõistlik.