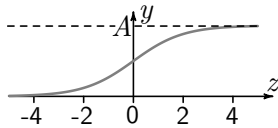


E1 - Syväoppiminen (10 pts)

Modernit ANN:t (keinotekoiset neuroverkot) koostuvat miljardeista neuroneista. Kukin neuroni muuntaa syötesignaalit $x_1, x_2, \dots, x_n$ ulostulosignaaliksi y . Ensin lasketaan

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

missä w_i ovat reaalityökaluarvoisia *painokertoimia* ja b on reaalityökaluinen *vakiotermi* (bias). Tämän jälkeen z :aan sovelletaan *aktivointifunktiota*, jolloin saadaan lopullinen tulos $y(x_1, x_2, \dots)$. Tässä tehtävässä tarkastelet neuronin fysikaalista mallia, jossa syöteinä toimivat sähköiset jännitteet x_1 ja x_2 . Aktivointifunktiona toimii $A\sigma(z)$, jonka kuvaaja on alla. Tässä $\sigma(z) = 1/(1 + \exp(-z))$ on niin sanottu sigmoidifunktio.

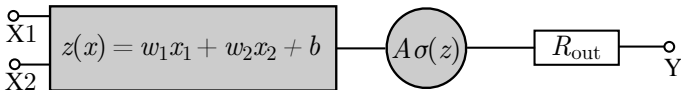


Laitteisto

Tärkeätä! Älä sammuta pistorasioita.

- (i) Laatikko jossa on jännitelähde, sähköinen piiri joka mallintaa neuronin, ja kaksi potentiometriä (potentiometri-A ja potentiometri-B). Laatikon sähköisiä terminaleja merkitään seuraavasti:

- 1 Kaksi sähköisesti kytkettyä GND-liitäntää: sähköinen *maa* joka toimii yhteisenä negatiivisenä liitäntänä +V:lle, x_1 :lle, x_2 :lle ja y :lle.
- 2 +V: positiivinen liitäntä jännitelähteelle.
- 3 X1 ja X2: positiiviset napaliitännät neuronin syötejännitteille x_1 and x_2 . **Neuronin ulostulo toimii arvaamattomasti jos jommassakummassa terminaalissa ei ole sisääntulojännitettä.**
- 4 Y: positiivinen ulostuloliitäntä. Se käyttäytyy kuin todellinen jännitelähde, koostuen ideaalista jännitelähteestä, jonka jännite on y , ja sarjaan kytketystä ulostulovastuksesta R_{out} , joka toimii alla olevan kuvan mukaisesti.



- 5 A1, A2, A3: A-potentiometrin liitännät/navat.
- 6 B1, B2, B3: B-potentiometrin liitännät/navat.
- 7 T: liitäntä jota ei käytetä tässä tehtävässä.

- (ii) Digitaalinen yleismittari kahdella mittausjohdolla.

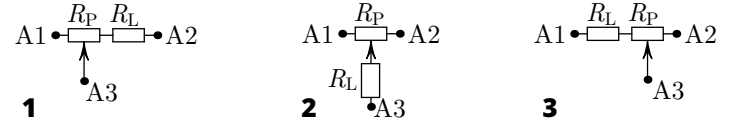
- (iii) Johdot, joissa on banaaniliittimet. Kaksi tai useampi johto voidaan kytkeä samaan liitäntään laatikossa käyttämällä banaaniliittimissä olevia reikiä. Banaaniliittimien käyttö yleismitarin kanssa saattaa muodostaa epävakaaan liitoksen. Käytä tarvittaessa hauenleukaliitintä.

- (iv) Ruutupaperia. Voit pyytää lisää tarvittaessa.

Tehtävä 1 (0.5 pts)

Navat A1, A2 ja A3 on kytketty A-potentiometriin R_P sekä ylimääräiseen kuormavastukseen R_L .

Mikä alla olevista kytkennöistä vastaa laatikossa olevaa kytkentää? Määritä vastukset R_L ja R_P . Dokumentoi tehdyt mittaukset.



Huomioi B-potentiometri on kytketty liittimiin B1, B2, B3 täysin samalla tavalla kuin A, sekä samoilla vastuksilla R_L ja R_P , valmistustoleranssien rajoissa.

Tehtävä 2 - (0.5 pts)

Hahmottele, miten navat ovat kytkettävä, jotta neuronien tulojännitteitä voidaan vaihdella mahdollisimman laajalla alueella.

Tehtävä 3 - (1.5 pts)

Suunnittele (ja dokumentoi) strategia, jolla voit löytää tulojännitteiden x_1 ja x_2 yhdistelmän joka maksimoi ulostulojännitteen y mahdollisimman vähällä määrällä mittauksia – riippumatta siitä millä syötearvoilla aloitat haun. Määritä tämä maksimaalinen jännite y_{max} , jota käytetään jatkossa A:n likiarvona, ja dokumentoi mittauksesi.

Tehtävä 4 - (3.5 pts)

Määritä painokertoimet w_1, w_2 ja vakiotermi b . Kuvaile tekemäsi mittaukset ja dokumentoi datasi taulukkoon. Arvioi w_1 :n, w_2 :n, ja b :n arvot käyttäen graafista lähestymistapaa.

Koulutus tarkoittaa verkon painokertoimien optimointia halutun toiminnallisuuden saavuttamiseksi. Tämä mahdollistaa sen, että ANN:t voivat approksimoida mielivaltaisia funktioita. Kussakin seuraavista tehtävistä sinun tulee approksimoida eri yhden syötejännitteen funktio annetulla laitteistolla. Varmista, että määrittelemäsi kytkennät, sisääntulo ja ulostulo, on selkeästi merkitty piireihisi.

Tehtävä 5 - (1.5 pts)

Kytke napa X1 suoraan +V:aan. Suunnittele piiri jolla arvioit funktiota $y_5(x) = A\sigma(w_2x/2 + b_5)$ missä x on käyttämäsi jännite uudelleen määrittelemässäsi syöte-liitännässä. Määritä b_5 teoreettisesti. Toteuta piiri, suorita mittaukset ja varmista, että kytkentäsi toimii odotetusti. Vahvista b_5 :n arvo mittausdatan perusteella.

Tehtävä 6 - (2.5 pts)

a Määritä Y-liittimen sisäinen, sarjassa oleva, ulostulovastus R_{out} . (0.5 pts)

b Suunnittele ja toteuta piiri jolla arvioit funktiota $y_6(x) = A_6 \cdot \sigma(w_2x + b) + B_6$ missä $B_6 = 1.48$ V. Toteuta piiri ja varmista kokeellisesti että kytkentäsi toimii odotetusti. Määritä A_6 :n ja B_6 :n arvot datasi. (2.0 pts)

E2 - Piiloitettu kuvio (10 pts)

Käytössäsi on ohut puoliläpinäkyvä kalvo, jonka pinnalle on painettu paljaalle silmälle näkymätön mikrorakenne. Kuvio koostuu suuresta määrästä identtisiä sinimuotoja, joiden amplitudi on A . Ne kulkevat vaakasuunnassa jaksonvälillä Λ , ja ne ovat toisiinsa nähden pystysuunnassa siirrettyinä etäisyydellä d , kuten kaaviokuvassa (Figure 1) on esitetty. Mikroskoopilla tarkasteltuna nähdään, että painettu kuvio muodostuu täsmälleen vaakasuuntaisista viivanpätivistä, jotka ovat pystysuunnassa tasavälisesti siirretty toisiinsa nähden, etäisyydellä s , kuten kuvassa (Figure 2) on esitetty.

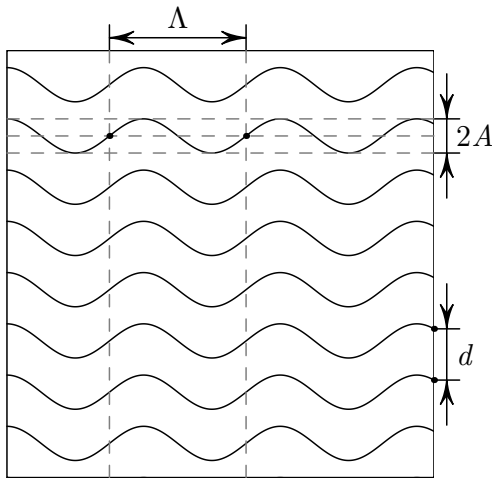


Figure 1: Kuvio (ei mittakaavassa).

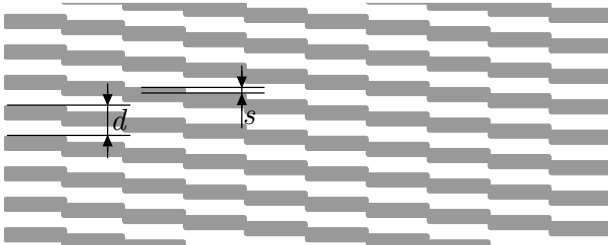


Figure 2: Mikroskoopin alla nähty kuvio.

Laitteisto (Katso myös Figure 3)

- A Puoliläpinäkyvä kalvo jonka pinnalle on painettu mikrorakenne.
- B Laserdiodi aallonpituudella $\lambda = (654 \pm 5) \text{ nm}$. Laserdiodi voidaan kohdentaa halutulle etäisyydelle kiertämällä päätypäätä jonka sisällä on linssi.

Varoitus: Älä kierrä päätypäätä täysin irti! Sisällä on suunnattu linssi ja jousi. Vaurioitunutta tai purettua laserdiodia ei korvata uudella.

- C Kaksi 90-asteen L-muotoista teräspalaa jonka toimivat pidikkeinä kalvolle ja laserdiodille. Kalvo voidaan kiinnittää yhteen teräspaloista mukana tulevien pienien klipsien avulla. Laserdiodi voidaan asentaa toiseen teräspalaan suuremmalla väritetyllä klipsillä tai mukana olevalla kuminauhalla.

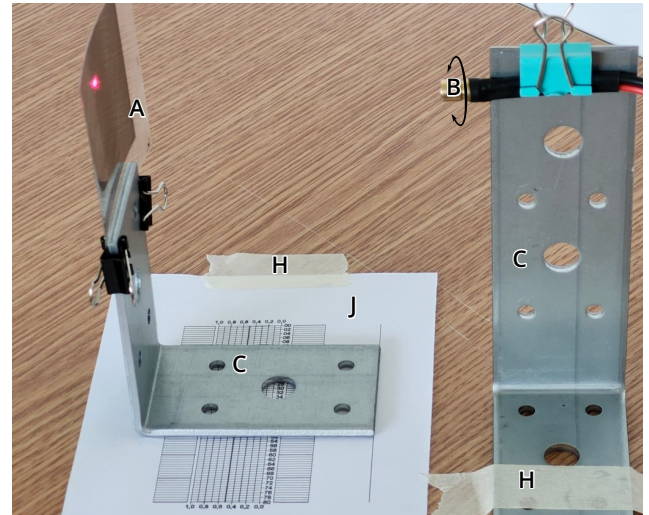


Figure 3: Komponentit A, B, C, H ja J järjestettynä kokeen suorittamista varten.

- D Arkkipaperia, johon on painettu goniometri —polaarinen koordinaatisto, jossa on 1 mm:n radiaalivälit sekä kulmajaot asteina.
- E Varjostin: laatikon iso pinta jonka mukana laittoista tuli. Tyhjennä laatikko pöydälle ja aseta laatikko pöydälle siten, että suuri pinta on pystysuorassa.
- F Viivoitin.
- G Mittanauha.
- H Viivoittimeen kiinnetty teippi. Käytä teipin paloja kiinnittämään tulostettu goniometri varjostimelle tai kiinnittämään komponentit pöytään. Voit tarvittaessa pyytää lisää teippiä.
- I Millimetripaperia.
- J 80 mm mittausviivoitettu paperimittakaava, jossa on vinot apuviivat, joiden avulla voit mitata pääasteikkojen osia tarkkuudella $\pm 0.1 \text{ mm}$.

Vihje: Kaikissa mittauksissa voit piirtää tai tehdä merkintöjä varjostimelle.

Tärkeätä: Oleta, että kokeellisen pöydän pinta on tasainen ja varjostin on täysin kohtisuorassa pöytää vasten.

Tehtävät (10.0 pts)

Määritä mahdollisimman tarkasti:

- Siniaaltojakso Λ . (2 pts)
- Kahden vierekkäisen siniaallon välinen pystysuuntainen siirtymä d (2 pts)
- Siniaallon amplitudi A (3 pts)
- Askelkorkeus s (3 pts)

Kaikissa tehtävissä sinun odotetaan:

- hahmottelevan mitta-asetelma ja/tai perustellevan mittausmenetelmä suureiden määrittämiseksi;
- raportoivan mittauksesi ja laskusi taulukkomuodossa;
- arvioivan halutut suureet ja niiden epävarmuudet graafisesti aina kun se on järkevää.