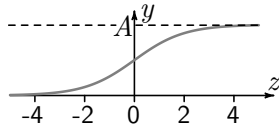


E1 - Deep Learning (10 pont)

A modern mesterséges neurális hálózatok (ANN) több milliárd neuronból állnak. Minden egyes neuron az $x_1, x_2, \dots, x_n$ bemenet(ek)et egy y kimenetű alakítja. Először a

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

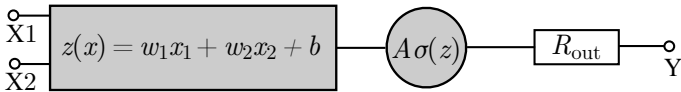
kerül kiszámításra valós w_i súlyok és valós ún. b bias értékekkel. Ezután egy *aktiváló függvényt* alkalmazunk z -re a végső $y(x_1, x_2, \dots)$ kimenet előállításához. A jelen feladatban egy neuron fizikai modelljét vizsgáljuk, amelynek bemenetei az x_1 és x_2 elektromos feszültségek, az aktiváló függvény pedig az alábbi ábrán látható $A\sigma(z)$, ahol $\sigma(z) = 1/(1 + \exp(-z))$ az úgynevezett szigmoid függvény.



Eszközök (Fontos: Tápegységet ne kapcsolj ki!)

- (i) Egy doboz, amely egy feszültségforrást, egy neuront modellező elektronikus áramkört és két potenciométert (az A-potenciométert és a B-potenciométert) tartalmaz. A doboz elektromos csatlakozóit a következőképpen jelöljük:

- 1 Két, elektromosan összekapcsolt GND-csatlakozás: a $+V$, x_1 , x_2 és y közös negatív pólusaként szolgáló elektromos föld.
- 2 $+V$: a feszültségforrás pozitív pólusa.
- 3 X1 és X2: a neuronok x_1 és x_2 bemeneti feszültségeinek pozitív termináljai. **A neuron kimenete nem kiszámíthatóan viselkedik, ha e két terminál valamelyikén nincs bemeneti feszültség.**
- 4 Y: a pozitív kimeneti csatlakozó. Úgy viselkedik, mint egy valós feszültségforrás, amely egy y feszültségű ideális feszültségforrásból és egy R_{out} soros kimeneti ellenállásból áll, és az alábbi ábrán látható módon működik.



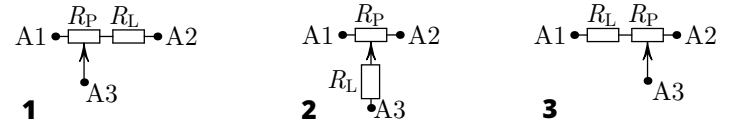
- 5 A1, A2, A3: az A potenciométer csatlakozói.
- 6 B1, B2, B3: a B potenciométer csatlakozói.
- 7 T: a feladatban nem használt kivezetés.

- (ii) Digitális multiméter két vezetékkel.
- (iii) Banáncsatlakozóval ellátott vezetékek. A csatlakozókon lévő lyukakkal két vagy több vezeték lehet csatlakoztatni a doboz egyazon termináljához. A banáncsatlakozók használata a multiméterrel instabil kapcsolatot hozhat létre. Szükség esetén használd a krokodilcsipeszt.
- (iv) Milliméterpapír. Ha kell, kérhetsz többet.

Task 1 (0,5 pont)

Az A1, A2 és A3 terminálok az R_P A potenciométerhez és egy további R_L terhelő ellenálláshoz csatlakoznak.

Az alábbi ábrák közül melyik felel meg a dobozban lévő áramkörnek? Határozd meg az R_L és R_P ellenállásokat! Dokumentáld a méréseidet.



Megjegyzés: A B potenciométert a B1, B2, B3 csatlakozókhoz pontosan ugyanúgy kell csatlakoztatni, ugyanazokkal (a gyártási tűréshatáron belül) az R_L és R_P ellenállásokkal.

Task 2 - (0,5 pont)

Vázold fel, hogyan kell a csatlakozókat összekötni, hogy a neuronok bemeneti feszültségei a lehető leg szélesebb tartományban változtathatók legyenek!

Task 3 - (1,5 pont)

Dolgozz ki (és írd le) egy olyan eljárást, amely lehetővé teszi, hogy megtaláljuk az x_1 és x_2 bemeneti feszültségek olyan kombinációját, amely a lehető legkevesebb méréssel maximalizálja az y kimeneti feszültséget, függetlenül attól, hogy a keresést a bemeneti feszültségek milyen értékeivel kezdjük! Határozd meg ezt a maximális y_{max} feszültséget, amelyet a továbbiakban az A amplitúdó közelítéseként fogsz használni, és dokumentáld a méréseidet.

Task 4 - (3,5 pont)

Határozd meg a w_1, w_2 súlyokat és a b értékét. Írd le a mérést, és add meg az adatokat táblázatban. Becsüld meg w_1, w_2 és b értékét grafikus módszerrel!

A *Training* a hálózat súlyainak optimalizálását jelenti a kívánt hatékonyság elérése érdekében. Ez lehetővé teszi, hogy az ANN-ek tetszőleges függvényeket közelítsenek. Az alábbi feladatok mindegyikénél egy-egy bemeneti feszültség különböző függvényét kell közelítened a megadott eszközökkel. Ügyelj arra, hogy az áramkörökben egyértelműen jelölőd az általad meghatározott bemenetet és kimenetet.

Task 5 - (1,5 pont)

Csatlakoztasd az X1-et közvetlenül a $+V$ -hez. Tervezz meg egy áramkört az $y_5(x) = A\sigma(w_2x/2 + b_5)$ függvény közelítésére, ahol x az újonnan definiált bemeneti csatlakozóra adott feszültség. Határozd meg b_5 -öt elméleti úton. Építsd meg az áramkört, végezz méréseket, és vizsgáld meg, hogy az elrendezésed az elvárásoknak megfelelően működik-e! Az adatokból ellenőrizd b_5 értékét.

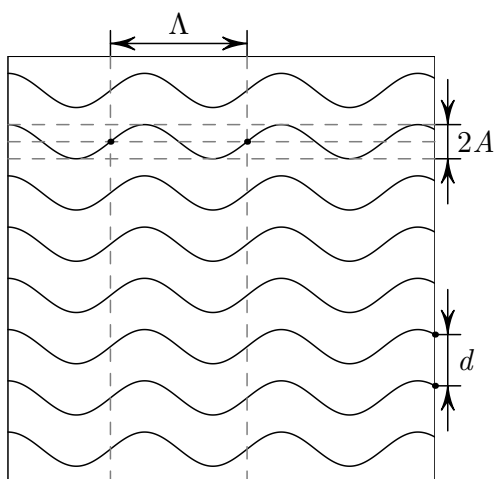
Task 6 - (2,5 pont)

a Határozd meg az Y csatlakozó belső soros R_{out} kimeneti ellenállását! (0,5 pont)

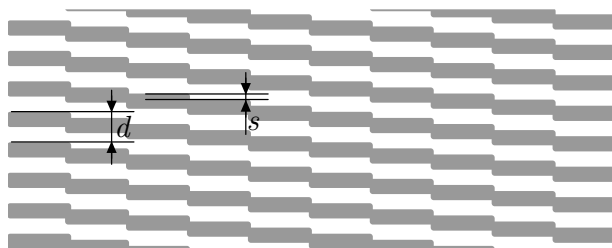
b Tervezz és valósíts meg egy áramkört az $y_6(x) = A_6 \cdot \sigma(w_2x + b) + B_6$ függvény közelítésére, ahol $B_6 = 1.48$ V. Határozd meg elméletileg az A_6 értékét. Építsd meg az áramkört, és vizsgáld meg kísérletileg, hogy a beállítás a várt módon működik-e! Az adataid alapján ellenőrizd az A_6 és B_6 értékeit. (2,0 pont)

E2 - Rejtett mintázatok (10 pont)

Rendelkezésedre áll egy félig átlátszó fólia, amelynek a felületére egy szabad szemmel nem látható mikromintázat van nyomtatva. A mintázat nagyszámú, egyforma, A amplitúdójú szinuszhullámból áll, amelyek vízszintes irányban Λ periódusúak, és függőleges irányban d távolsággal el vannak tolva egymástól, ahogy ezt vázlatosan az 1. ábra mutatja. Mikroszkóppal nézve a nyomtatott mintázat szigorúan vízszintes vonalszakaszokból áll, amelyek a szomszédjukhoz képest egy állandó s távolsággal függőlegesen el vannak tolva, ahogy ez a 2. ábrán látható.



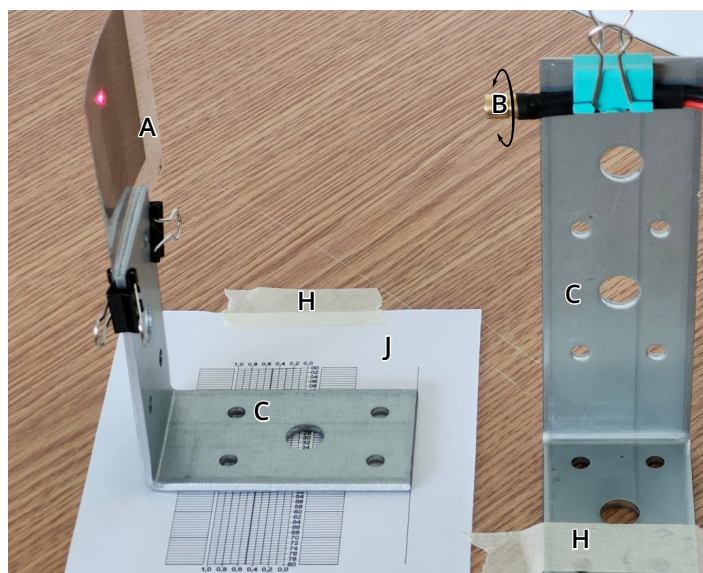
1. ábra: Mintázat (nem méretarányos)



2. ábra: A mintázat, ahogy mikroszkóp alatt látszik

Eszközök (lásd a 3. ábrát is)

- A Félig átlátszó fólia a felületére nyomtatott mikromintázattal.
- B Lézerdióda $\lambda = (654 \pm 5) \text{ nm}$ hullámhosszal. A lézerdiódát a zárókupak (amelyben egy lencse van) forgatásával a kívánt távolságra lehet fókuszálni.
Figyelem! Ne csavard ki teljesen a zárókupakot! Egy beállított lencse és egy rugó van benne. Ha szétszeded vagy tönkreteszed, nem kapsz helyet-te másikat.
- C Két 90 fokos, L-alakú acéltartó a fóliának és a lézernek. A fóliát a kis csipesszel lehet az egyikhez rögzíteni, a lézerdiódát pedig a nagyobb, színes csipesszel vagy a befőttes gumival a másikhoz.
- D Egy papírlapra nyomtatott szögmérő – egy polárkoordináta-rendszer sugárirányban 1-mm-es lépésekkel és fokonkénti szögbeosztással.



3. ábra: Az A, B, C, H és J elemek a méréshez elrendezve.

- E Egy ernyő: az eszközöket tartalmazó doboz nagy felülete. Ürítsd ki a dobozt, és tedd úgy az asztalra, hogy a nagy felülete legyen függőleges.
- F Vonalzó.
- G Mérőszalag.
- H Ragasztószalag a vonalzóra ragasztva. Használj belőle kis darabokat a szögmérő ernyőre való rögzítéséhez és az elemek asztalon való rögzítéséhez. Ha szükséges, kérhetsz még többet.
- I Milliméterpapír.
- J Egy 80 mm-es, átlós referenciavonalakkal ellátott papír, amely lehetővé teszi a fő skálabeosztások töredékeinek mérését $\pm 0.1 \text{ mm}$ pontossággal.

Tanács: A mérések során rajzolhatsz vagy jeleket tehetsz az ernyőre.

Fontos: Feltételezheted, hogy az asztal sík és az ernyő pontosan merőleges az asztalra.

Tasks (10,0 pont)

Határozd meg a lehető legpontosabban:

- a A szinuszhullám Λ periódusát (2 pont)
- b A szomszédos szinuszok d függőleges távolságát (2 pont)
- c A szinusz A amplitúdóját (3 pont)
- d Az s lépcsőmagasságot (3 pont)

Minden feladatnál elvárás, hogy

1. vázold fel a mérési elrendezést és/vagy indokold meg az adott mennyiség mérési módszerét;
2. táblázatos formában foglald össze a mérési adatokat és a számításokat;
3. ahol lehet, határozd meg a keresett mennyiségeket és azok hibáját grafikusán.