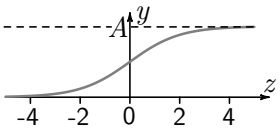
## التجربة الأولى -- التعلم العميق (10 نقاط)

تتكون الشبكات العصبية الاصطناعية الحديثة (ANNs) من مليارات الخلايا العصبية. كل خلية عصبية تحول مدخلاتها $x_1, x_2, \ldots, x_n$ إلى مخرج $y$. أولاً،

$$z = w_1 x_1 + w_2 x_2 + \cdots + w_n x_n + b$$

يُحتسب، مع الأوزان $w_i$ ذات الأرقام الحقيقية والإنحراف $b$ ذو الرقم الحقيقي. ثم تُطبق دالة التنشيط على $z$ لإنتاج المخرج النهائي $y(x_1, x_2, \ldots)$. في هذه المسألة ستستكشف نموذجاً فيزيائياً لخلية عصبية مع الفولتيات الكهربائية $x_1$ و $x_2$ كمدخلات، مع دالة التنشيط $A\sigma(z)$، الموضحة أدناه، حيث $\sigma(z) = 1/(1+\exp(-z))$ تُسمى الدالة السيجمويدية.

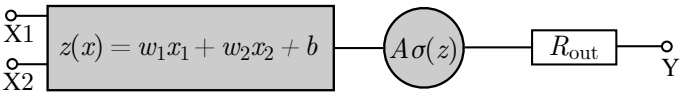



### المعدات

**هام! لا تطفئ أي منافذ كهربائية.**

(i) صندوق يحتوي على مصدر فولتية، ودائرة إلكترونية تمذج الخلية العصبية، ومقاومتان متغيرتان (المقاومة المتغيرة A والمقاومة المتغيرة B) الأطراف الكهربائية على الصندوق مُدرجة كالتالي:

١ طرفان GND متصلان كهربائياً: الأرضي الكهربائي الذي يعمل كطرف سالب مشترك لـ V+ و $x_1$ و $x_2$ و $y$.
٢ V+: الطرف الموجب لمصدر الفولتية.
٣ X1 و X2: الأطراف الموجبة لفولتيات مدخل الخلية العصبية $x_1$ و $x_2$، على التوالي. **مخرج الخلية العصبية يتصرف بشكل غير متوقع إذا لم يكن لأي من هذين الطرفين فولتية مدخل.**
٤ Y: طرف المخرج الموجب. يتصرف مثل مصدر فولتية حقيقي، يتكون من مصدر فولتية مثالي بفولتية $y$ ومقاومة مخرج متسلسلة $R_{\text{out}}$، ويعمل كما هو موضح أدناه.




٥ A1، A2، A3: أطراف المقاومة المتغيرة A.
٦ B1، B2، B3: أطراف المقاومة المتغيرة B.
٧ T: طرف لا يُستخدم في هذه المهمة.

(ii) جهاز قياس رقمي متعدد مع سلكي مسبار.

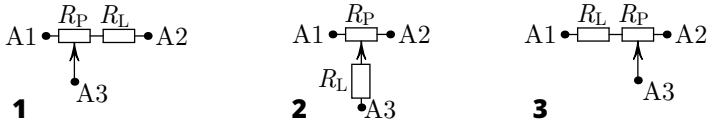
(iii) أسلاك بموصلات موز. يمكن توصيل سلكين أو أكثر بنفس الطرف في الصندوق باستخدام الثقوب في موصلات الموز. استخدام موصلات الموز مع جهاز القياس المتعدد قد يشكل اتصالاً غير مستقر. استخدم مشبك التمساح إذا احتجت.

(iv) ورق رسم بياني. يمكنك طلب المزيد إذا احتجت.

### المهمة 1 (0.5 نقطة)

الأطراف A1 و A2 و A3 متصلة بالمقاومة المتغيرة A وهي $R_P$ ومقاومة حمل إضافية $R_L$.

أي من المخططات أدناه يتطابق مع الدائرة في الصندوق؟ حدد المقاومتين $R_L$ و $R_P$؛ وثق القياسات المُجراة.




**ملاحظة** المقاومة المتغيرة B متصلة بالأطراف B1 و B2 و B3 بنفس الطريقة تماماً مع نفس المقاومتين $R_L$ و $R_P$، ضمن تفاوتات التصنيع.

### المهمة 2 - (0.5 نقطة)

ارسم كيف يجب توصيل الأطراف حتى يمكن تغيير فولتيات مدخل الخلية العصبية بأوسع نطاق ممكن.

### المهمة 3 - (1.5 نقطة)

ضع (ووثق) استراتيجية تسمح لك بإيجاد تركيبة فولتيات المدخل $x_1$ و $x_2$ التي تعظم فولتية المخرج $y$ بأقل عدد ممكن من القياسات، بغض النظر عن مجموعة فولتيات المدخل التي تبدأ بها البحث. حدد هذه الفولتية القصوى $y_{\max}$ التي ستُستخدم فيما بعد كتقريب للسعة $A$، ووثق قياساتك.

### المهمة 4 - (3.5 نقطة)

حدد الأوزان $w_1, w_2$ والتحيز $b$. اوصف قياساتك ووثق بياناتك في جدول. قدر $w_1, w_2$، و $b$ باستخدام طريقة بيانية.

التدريب يتضمن تحسين أوزان الشبكة لتحقيق الوظيفة المرغوبة. هذا يسمح للشبكات العصبية الاصطناعية بتقريب دوال عشوائية. لكل من المهام التالية عليك تقريب دالة مختلفة لفولتية مدخل واحدة باستخدام المعدات المعطاة. تأكد من أن المدخل والمخرج اللذان تحددهما محددان بوضوح في دوائرك.

### المهمة 5 - (1.5 نقطة)

اربط الطرف X1 مباشرة بـ V+. صمم دائرة لتقريب الدالة $y_5(x) = A\sigma(w_2 x/2 + b_5)$، حيث $x$ هي الفولتية المطبقة على طرف المدخل المحدد حديثاً. حدد $b_5$ نظرياً. نفذ الدائرة، خذ القياسات وتحقق من أن إعدادك يعمل كما هو متوقع. اعتمد قيمة $b_5$ من بياناتك.

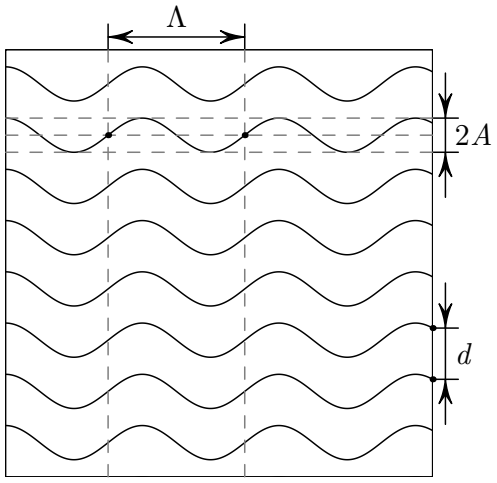
### المهمة 6 - (2.5 نقطة)

ا حدد مقاومة المخرج المتسلسلة الداخلية $R_{\text{out}}$ للطرف Y. (0.5 نقطة)

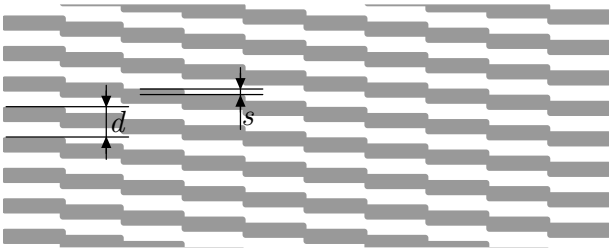
ب صمم ونفذ دائرة لتقريب الدالة $y_6(x) = A_6 \cdot \sigma(w_2 x + b) + B_6$، حيث $B_6 = 1.48\,\text{V}$. حدد $A_6$ نظرياً. نفذ الدائرة وتحقق تجريبياً من أن إعدادك يعمل كما هو متوقع. أكد قيم $A_6$ و $B_6$ من بياناتك. (2.0 نقطة)

## التجربة الثانية -- النمط المخفي (10 نقاط)

أُعطيت رقاقة مسطحة شبه شفافة مطبوع على سطحها نمط مجهري غير مرئي للعين المجردة. يتكون النمط من عدد كبير من الموجات الجيبية المتطابقة بسعة $A$، تمتد أفقياً بدورة مكانية $\Lambda$، ومزاحة عمودياً بمسافة $d$ نسبة لبعضها البعض، كما هو موضح تخطيطياً في الشكل ١. تحت المجهر، يمكن رؤية أن النمط المطبوع يتكون من قطع خطية أفقية تماماً، كل منها مزاح عمودياً عن جيرانه بخطوة ثابتة $s$، كما هو موضح في الشكل ٢.




شكل ١: النمط (ليس وفقاً للمقياس)




شكل ٢: النمط كما يُرى تحت المجهر

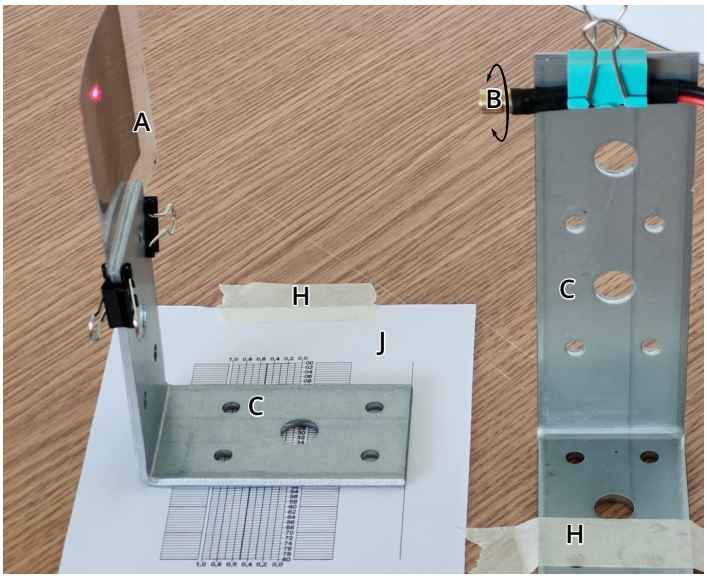
### المعدات (انظر أيضاً الشكل ٣)

A رقاقة شبه شفافة مطبوع على سطحها نمط مجهري.

B دايود ليزر بطول موجي $\lambda = (654 \pm 5)\,\mathrm{nm}$. يمكن تركيز دايود الليزر على المسافة المرغوبة بتدوير الغطاء النهائي الذي يحتوي على عدسة بداخله. **تحذير:** لا تفك الغطاء النهائي تماماً! في الداخل، توجد عدسة موجهة ونابض. لن يُعطى ليزر بديل إذا تضرر أو فُكك.

C لوحان فولاذيان على شكل حرف L بزاوية 90 درجة يعملان كحوامل للرقاقة ودايود الليزر. يمكن تثبيت الرقاقة على أحد اللوحين باستخدام المشابك الصغيرة المتوفرة. يمكن تركيب دايود الليزر على اللوح الآخر بمشبك كبير ملون أو بالشريط المطاطي المتوفر.

D ورقة مطبوع عليها منقلة -- إطار إحداثي قطبي بخطوات شعاعية 1 ملم وتقسيمات زاوية بالدرجات.




شكل ٣: المكونات A، B، C، H و J مرتبة للتجربة.

E شاشة: السطح الكبير للصندوق الذي يحتوي على المواد التجريبية. أفرغ الصندوق وضعه على المكتب مع سطحه الكبير عمودياً.

F مسطرة.

G شريط قياس.

H شريط لاصق مرفق بالمسطرة. استخدم قطع الشريط لتثبيت المنقلة المطبوعة على الشاشة أو لتأمين المكونات على الطاولة. يمكنك طلب المزيد من الشريط إذا احتجت.

I ورق رسم بياني مليمتري.

J مقياس ورقي بطول 80 mm مع خطوط مرجعية قطرية تسمح لك بقياس كسور التقسيمات الرئيسية للمقياس، بدقة $\pm 0.1$ mm.

تلميح: في جميع قياساتك، أنت حر في الرسم أو وضع علامات على الشاشة.

مهم: افترض أن سطح طاولة التجربة مسطح، وأن الشاشة عمودية تماماً على الطاولة.

### المهام (10.0 نقاط)

حدد بأكبر دقة ممكنة:

ا دورة الموجة الجيبية $\Lambda$. (2 نقطة)

ب الإزاحة العمودية $d$ للموجات الجيبية المجاورة (2 نقطة)

ج سعة الموجة الجيبية $A$ (3 نقاط)

د ارتفاع الخطوة $s$ (3 نقاط)

في جميع المهام، من المتوقع منك:

١. رسم تخطيطي للإعداد و/أو تبرير منطقي لطريقة قياس الكميات المقابلة؛

٢. تقرير قياساتك وحساباتك في شكل جدولي؛

٣. تقدير الكميات المطلوبة وأوجه عدم اليقين الخاصة بها بيانياً، كلما كان ذلك معقولاً.