

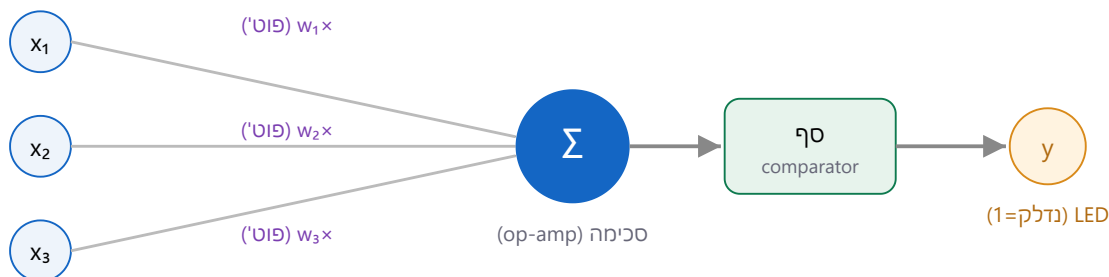
פרספטרון — Bill of Materials & SNARC

מכונות-העצב הראשונות בהיסטוריה, לבנייה על שולחן העבודה · ALMAWARE

שני אבות-אבות של ערן: הפרספטרון של רוזנבלט (1958) שלומד לסווג, ו-SNARC של מינסקי (1951) — הרשת העצבית-מלאכותית הפיזית הראשונה אי-פעם, שלמדה בחיזוק.

① הפרספטרון (Rosenblatt, 1958)

המקור — ה-Mark I Perceptron — היה ארון ענק: מצלמה של 400 פוטו-תאים ("רשתית"), פוטנציומטרים כ"משקלים", ומנועים שכיוונו אותם תוך כדי למידה. אנחנו בונים את אותו רעיון על breadboard.

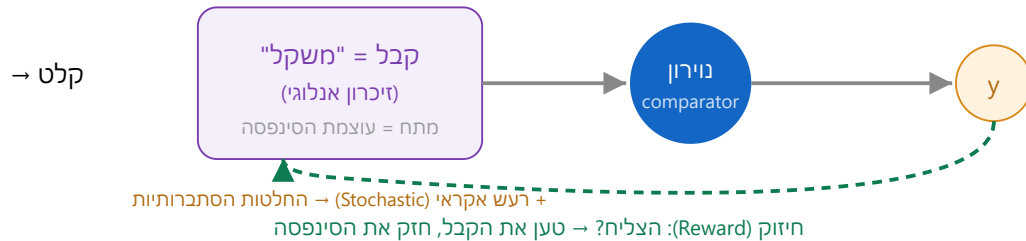


חוק הלמידה (פשוט): אם הפרספטרון טעה — מתקנים כל משקל קצת לכיוון התשובה הנכונה: $w \leftarrow w + \eta$ (נכון - פלט) x . בגרסה הידנית אתה מסובב את הפוטנציומטרים; בגרסת ה-Arduino זה קורה לבד.

BOM — פרספטרון (~\$18, + \$10 לגרסה לומדת)

רכיב	מפרט · למה	חיפוש	\$~
Op-amp	LM358 / TL072 — הסכימה + הסף ("נירוחן")	LM358	\$1
פוטנציומטרים 5 × 10kΩ	המשקלים bias + w ₁ ..w ₃ + סף (מתכווננים)	10k pot	\$3
מתגים 3 ×	קלטים בינאריים x ₁ ,x ₂ ,x ₃ (או LDR ל"רשתית" אור)	toggle switch · LDR	\$2
LED + נגד 330Ω	הפלט — נדלק כשהנירוחן "יורה"	LED kit	\$1
ערכת נגדים	1k–100k לסכימה/הטיה	resistor kit	\$5
Breadboard + ג'מפרים	משטח בנייה	breadboard kit	\$6
(לומד) Arduino Nano + 2 × MCP4131	פוט' דיגיטלי — מאמן לבד לפי חוק הלמידה	Arduino Nano · MCP4131	\$10

SNARC = Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator. מרווין מינסקי (בן 124!) בנה רשת של 40 סינפסות ממנועים, מצמדים, וקבלים — שלמדה לפתור מבוך כמו עכבר, ע"י חיזוק: כל פעם שהצליחה, ה"משקל" של המסלול המנצח התחזק. הקבל היה הזיכרון. אנחנו בונים סינפסה אחת כזאת.



הלמידה ב-SNARC: אין "תשובה נכונה" מראש — רק תגמול. כשהמערכת מצליחה, לוחצים "Reward", והקבל של הפעולה האחרונה נטען עוד קצת (הסינפסה מתחזקת). הרעש גורם לה לנסות דברים חדשים. זה reinforcement learning — 70 שנה לפני שקראו לו ככה.

BOM — סינפסת SNARC אחת (~\$12, + \$5 למוח Arduino)

רכיב	מפרט · למה	חיפוש	\$~
קבל 100µF-47	super-cap או film/low-leak — זיכרון המשקל (הרעיון של מינסקי)	low-leak cap · supercap	\$1
Op-amp LM358	הנירון (משווה את מתח הקבל לסף)	LM358	\$1
טרנזיסטורים 2N3904 ×2	טוען/פורק את הקבל בתגמול/עונש	2N3904	\$1
כפתורים 2×	Reward / Punish	push button	\$1
LED + נגד	פלט הנירון	LED	\$1
מקור רעש	זנר רועש / או random מ-Arduino — "Stochastic"	zener kit	\$1
Arduino Nano (מוח)	לוגיקת החיזוק + החלטות אקראיות; משתף breadboard/ספק עם הפרסטרון	Arduino Nano	\$5

סה"כ לשני הפרויקטים ≈ \$30-\$45 — חלקים פשוטים, breadboard וספק כוח משותפים.

הקשר לערן: הפרסטרון = ניורון בודד שלומד לסווג. SNARC = רשת שלומדת בחיזוק. ערן = אותם עקרונות, רק בענק ובמתמטיקה (טרנספורמר). אתה בונה את האבות הפיזיים של מה שערן הוא היום.