

# Self balancing ball

## תיאור אופן הפעולה של המערכת:

את הייצוב ביצענו על ידי יישום PID פשוט כאשר בכל מחזור החישה *UltraSonic* קורא את מרחק הכדור, וממנו חילץ את השגיאה ע"י השוואה לערך מרחק שהגדרנו מראש כנקודת שיווי המשקל, במקרה שלנו -  $15[cm]$ . בנוסף נשמר ערך השגיאה הקודמת כך שבכל רגע נתון החזקנו את השגיאה הנוכחית והקודמת. הפרש השגיאה הנוכחית הביא לנו הערכה לשגיאת הנגזרת(מהירות). ערך שגיאה נוסף היה השגיאה האינטגרלית שהיא חושבה ע"י חישוב השגיאה הכוללת עד כה. הוגדרו 3 פרמטרים,  $kp$ ,  $kd$ ,  $ki$ .

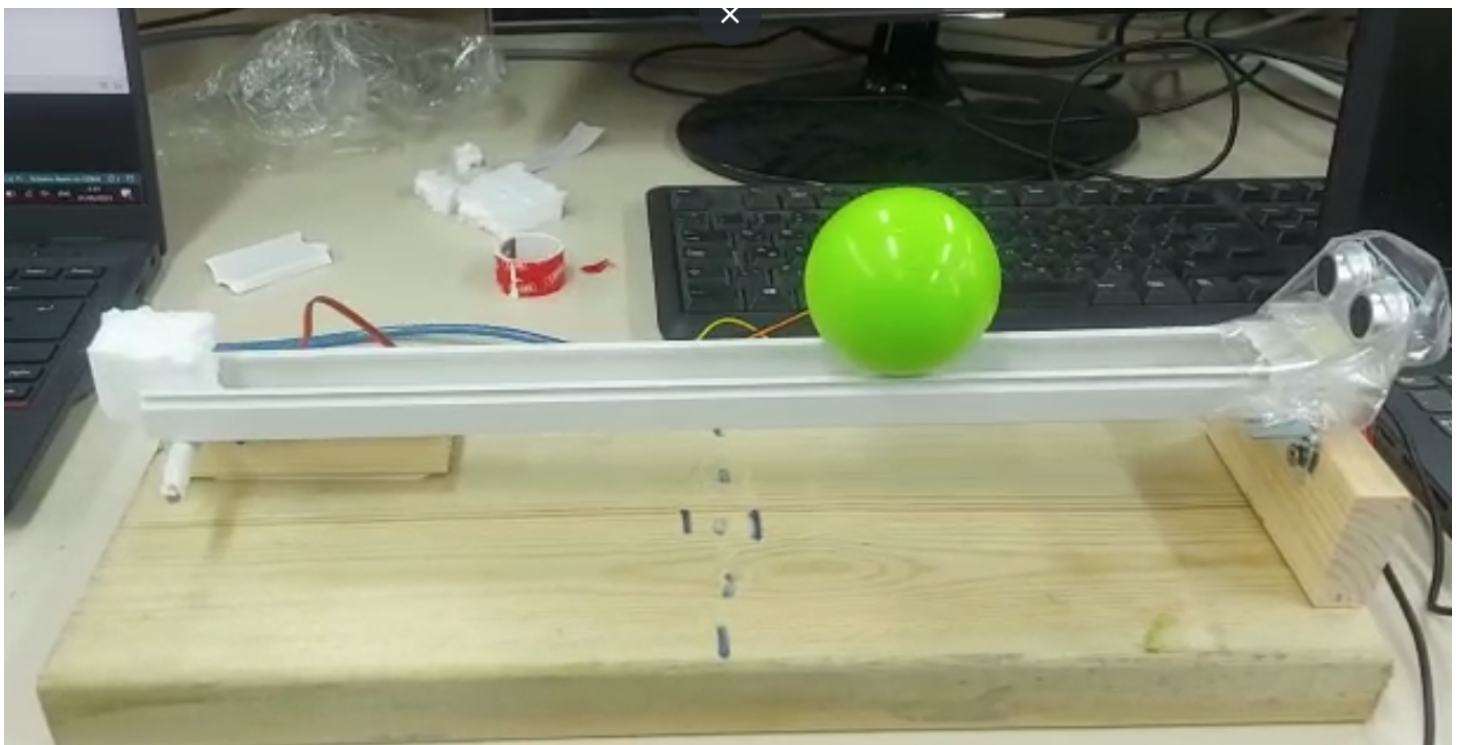
הסבר על כל פרמטר:

**פרמטר שגיאת מרחק ( $kp$ )** - הקבוע הפרופורציונלי למיקום הכדור, בעזרתו הגדרנו את התלות של מהירות סיבוב המחווגה של המנוע במרחק הכדור מנקודה שיווי המשקל שהוגדרה. המטרה הייתה שהמנוע יסתובב לכיוון המתאים בהתאם למיקום הכדור ביחס לנק' שיווי המשקל(מרכז המסילה). כלומר, ככל שהכדור מרוחק יותר מהאמצע המנוע יצטרך להסתובב מהר יותר לכיוון מסוים.

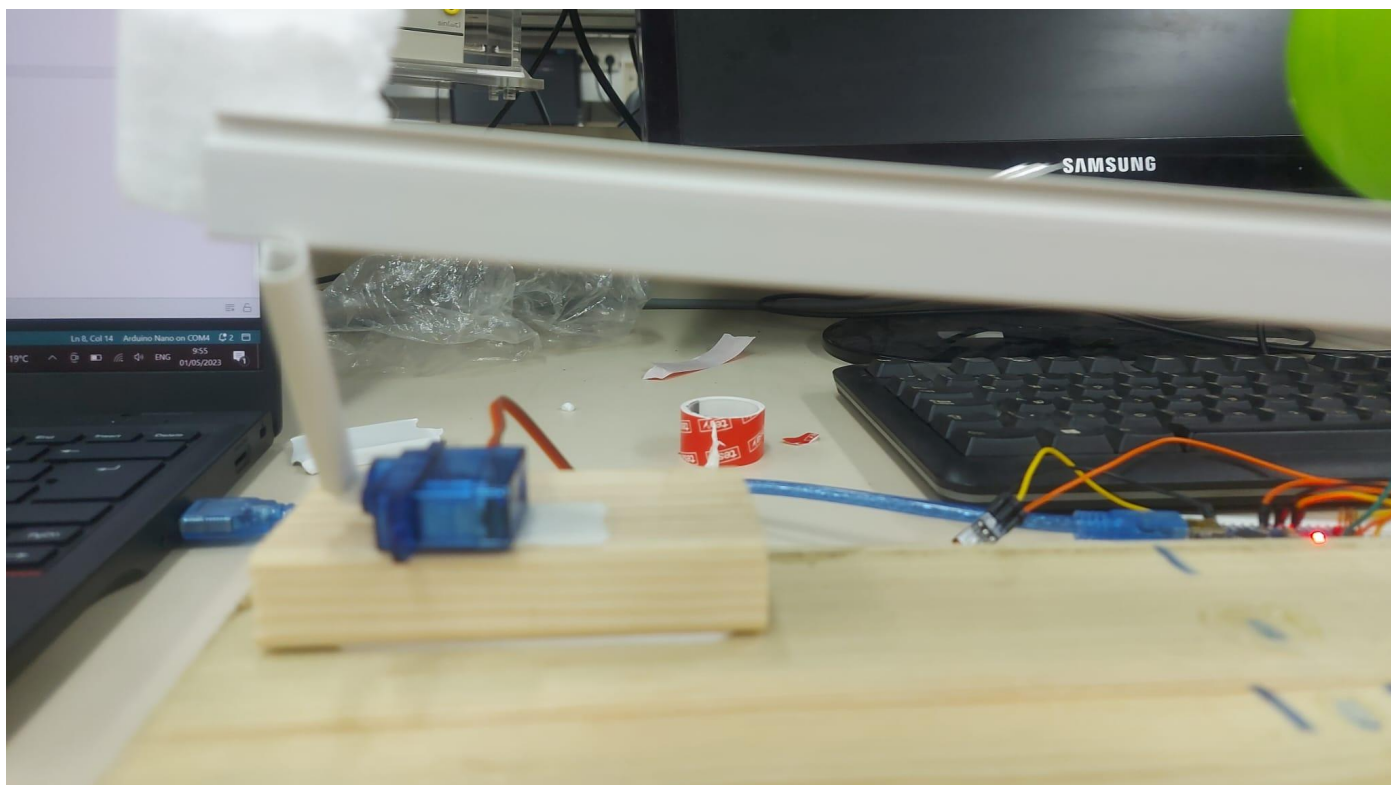
**פרמטר שגיאת מהירות ( $kd$ )** - מטרת קבוע זה היא להפוך את המנוע ל"רגיש" למהירות הכדור (גודל וכיוון), או ביתר דיוק להפרש בין שתי שגיאות עוקבות. מטרתו היא לסייע למנוע לשנות את מהירות סיבוב המחווגה בהתאם לכמה מהר הכדור מתקרב או מתרחק מהאמצע - ככל שהוא מהיר יותר, כך צריך לסובב את המנוע מהר יותר. בכך מתאפשרת מיידיות ו"רגישות" גבוהה יותר של המנוע לכל תזוזה של הכדור.

**פרמטר שגיאה אינטגרלי ( $ki$ )** - פרמטר זה מתייחס לשגיאה הכוללת המצטברת במהלך פעולת מערכת הבקרה. הוספנו אותו ע"מ להיפטר ממצבים "תקועים" בהם הכדור במצב סטטי ו/או נמצא קרוב למרכז המסילה, כך שהשפעת החלקים האחרים( $kp$ ,  $kd$ ) היא זניחה והמנוע כמעט ולא פועל. לכן, במצבים מסוג זה השגיאה תצטבר לאורך זמן וכתוצאה מכך המנוע יתחיל לפעול במהירות גבוהה יותר ויזיז את הכדור למיקום הרצוי.

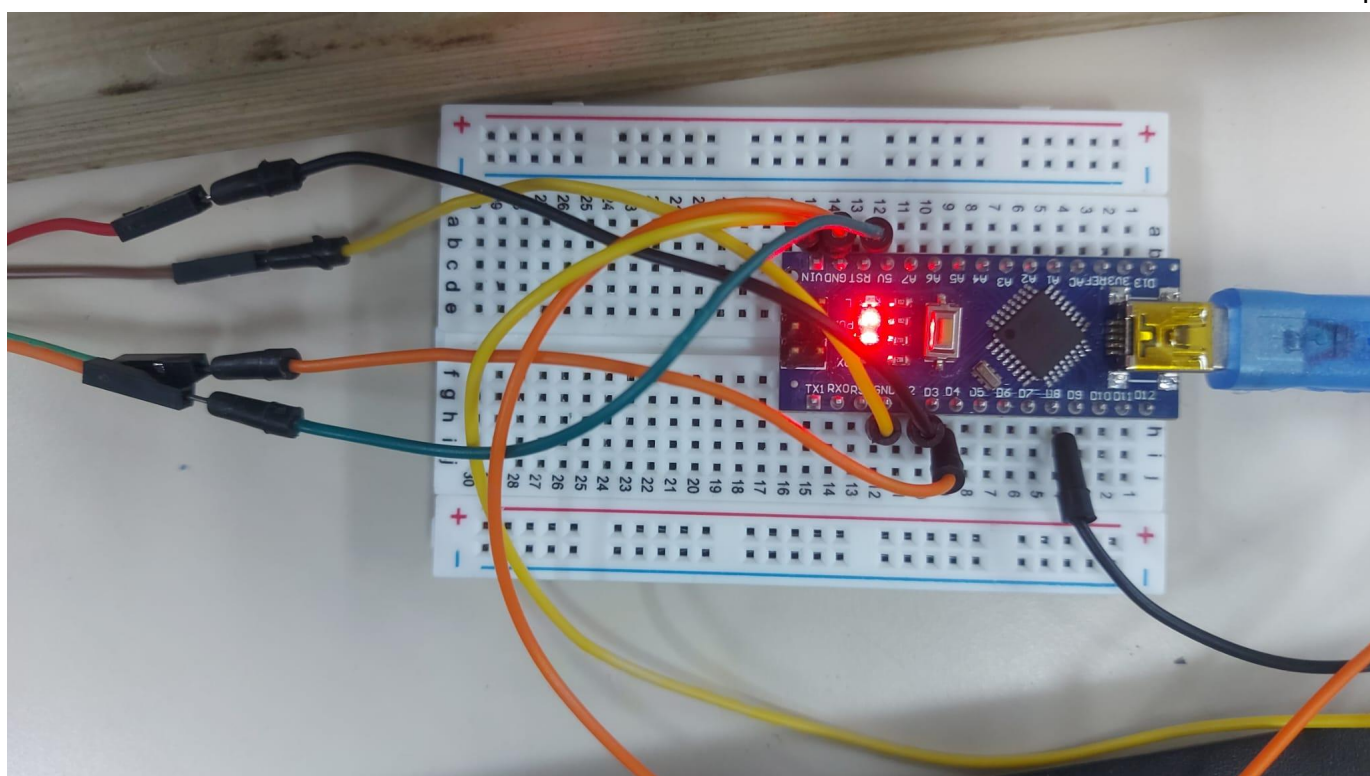
את ערך התיקון שהתקבל העברנו מיפוי+הגבלה כך שיתורגם לערך מנוע מתאים כאשר עבור תיקון הדורש את הורדת הגשר איזון הגדרנו מיפוי לערכי מנוע נמוכים מאשר עבור תיקון הדורש את הרמת הגשר איזון, שכן נדרש כוח רב יותר להרים את הגשר, שכן כוח המשיכה מתנגד להרמתו, לעומת להוריד שם כוח המשיכה עוזר. לאחר המיפוי נשלחה פקודה למנוע לזוז בעוצמה המתאימה וכך בלופים עד שיגיע למצב בו הכדור מאוזן בנקודת שיווי משקל שלו. ולבסוף מודפסים כל ערכי השגיאות, נקודת שיווי משקל, ומרחק, ע"מ לאפשר בדיקת המערכת אם משהו לא תקין.



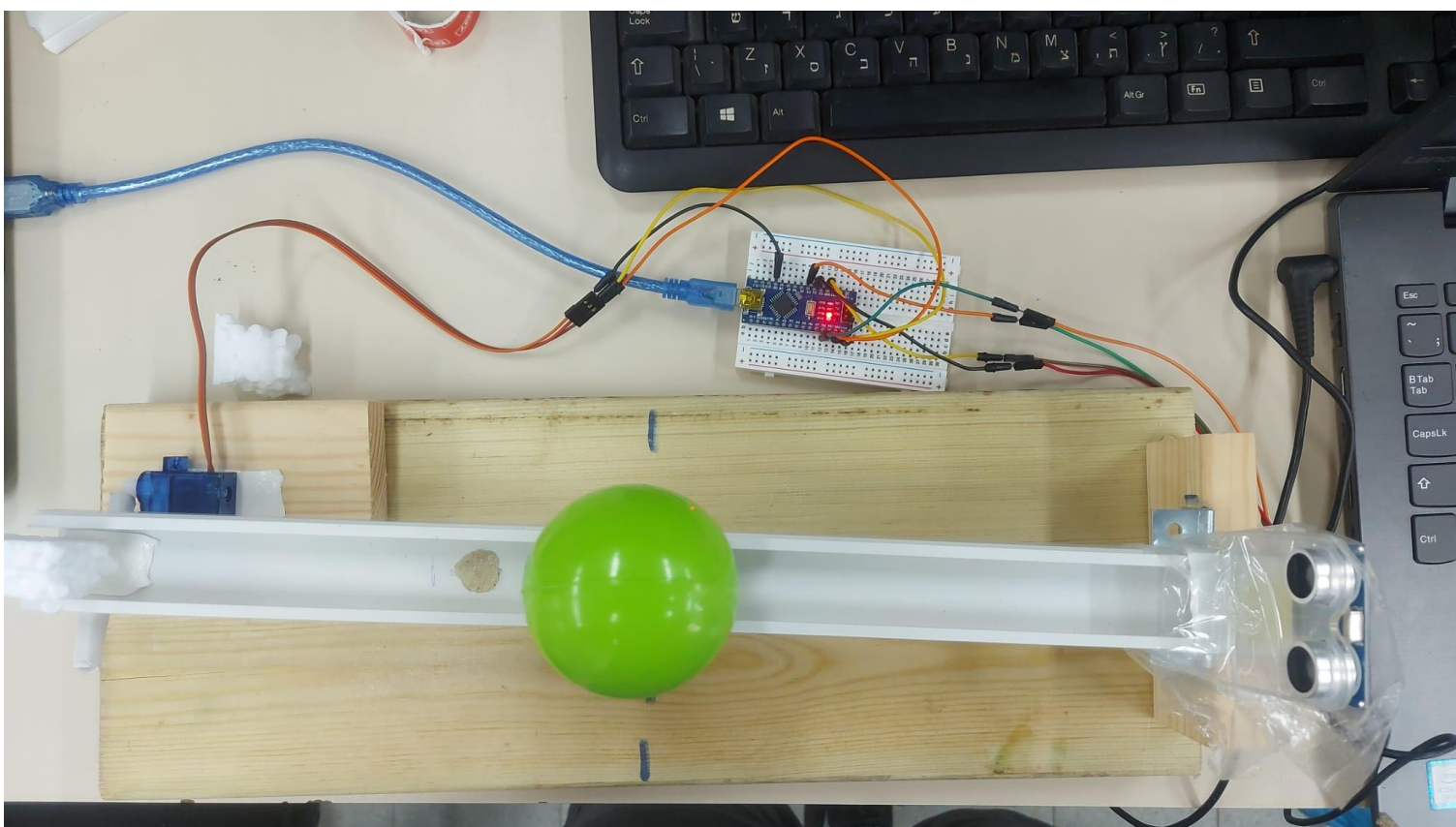
מהצד של המנוע:



קונפיגורצית החיבור:



מבט על של כל המערכת מחוברת:



הערכים הספציפיים אליהם הגענו:  $k_p = 25$ ,  $k_d = 400$ ,  $k_i = 0.3$ .