



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

# **מטלה 3 - ארדואינו**

## **קבוצה 14**

**רון ממן - 209164839**  
**הדר קדוש - 314626763**

**יובל ציפורה - 209455674**  
**ליז לחיאני - 208195388**



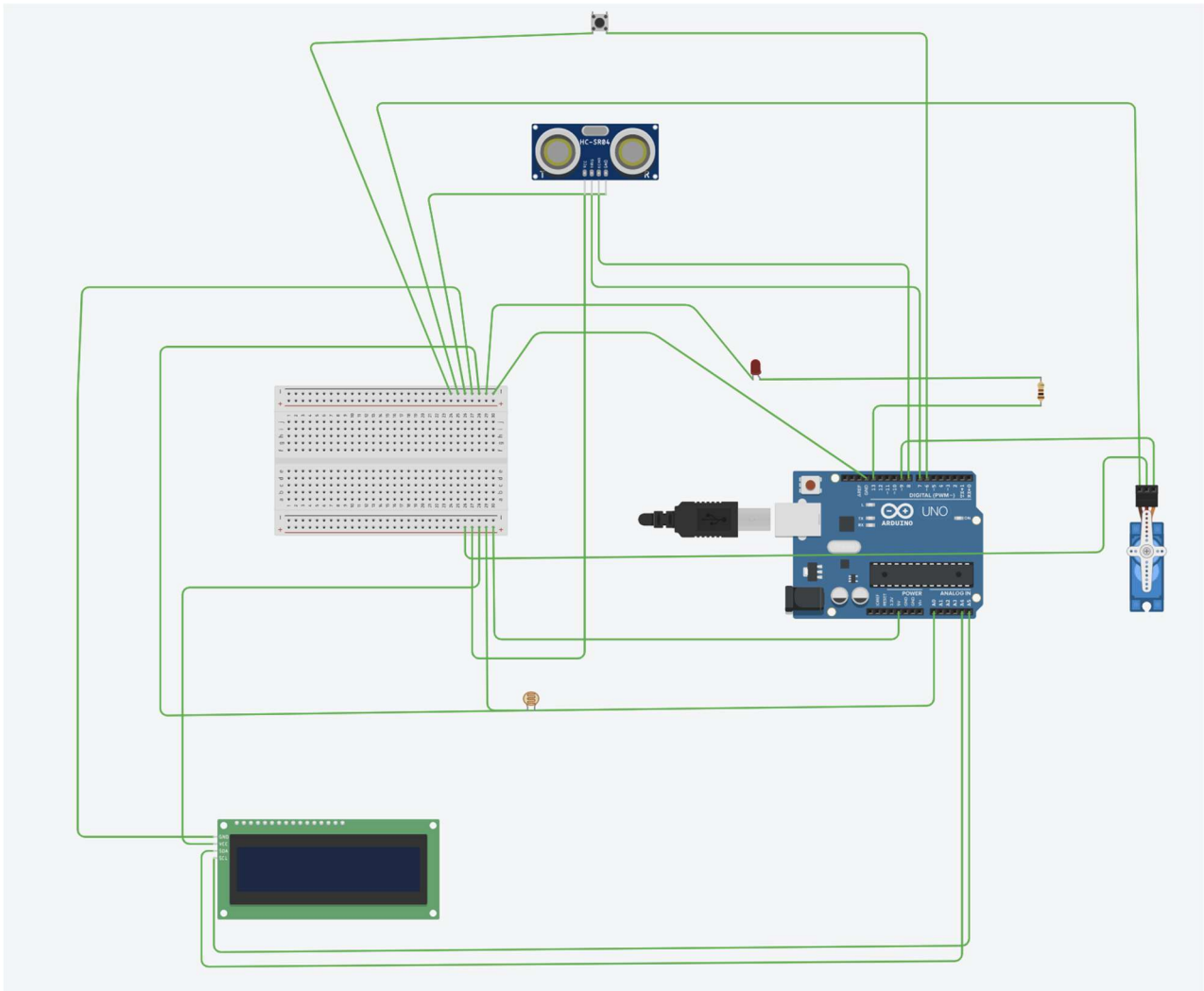
הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

## 1. תיאור מטרת המערכת ותיאור משימת הבקרה:

מטרת מערכת הבקרה שפיתחנו היא לשפר את חוויית האימון של ספורטאי אס"א בן גוריון באמצעות משחק תגובה אינטראקטיבי, המדמה מצבי פעולה מהירים ודורש מהמשתמש להגיב בדיוק ובזריזות. המערכת מבוססת על מיקרו-בקר ומשלבת מספר חיישנים ורכיבים חכמים: חיישן אור (LDR) חיישן מרחק (Ultrasonic), כפתור התחלה, מנוע Servo, נורת חיווי (LED) ותצוגת LCD. המשתמש מתבקש לבצע משימות משתנות, כגון חסימת מקור אור או הגעה למרחק מסוים, בתוך פרק זמן מוגבל. התגובות נאספות בזמן אמת, נמדדות ומנותחות על ידי הבקר, והמשוב מוצג מיידית על גבי המסך בליווי אינדיקציה פיזית (תנועת המנוע, נורת לד). המערכת מספקת חוויית אימון דינאמית, תורמת לפיתוח מהירות תגובה, ריכוז ודיוק - מיומנויות קריטיות עבור ספורטאים. בנוסף, ניתן להרחיבה בעתיד לאיסוף נתונים לאורך זמן כדי לעקוב אחר שיפור בביצועים האישיים.

## 2. תיאור התוכן הכולל :

שרטוט המודל מתוכנת הסימולציה Thinckercad:





הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

**טבלת הרכיבים:**

מספר פין	תצורה	הפעלה
A0	INPUT	LDR- חיישן אור לזיהוי חסימת אור על ידי המשתמש
D7	INPUT	Ultrasonic Trigger-שליחת אות למדידת מרחק של המשתמש מהמטרה
D6	INPUT	Push Button- התחלת המשחק ולחיצה לאישור פעולות
D9	OUTPUT	Servo Motor- תנועה של רכיב פיזי בזמן משחק או חיווי הצלחה
D13	OUTPUT	LED- חיווי ויזואלי להצלחת משימה או התרעה על שגיאה
A4	OUTPUT	LCD- תצוגת זמנים, הוראות ומשוב בזמן אמת
A5	OUTPUT	LCD- תצוגת זמנים, הוראות ומשוב בזמן אמת
D8	OUTPUT	Ultrasonic Trigger-שליחת אות למדידת מרחק של המשתמש מהמטרה



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

### 3-4. תיאור הבדיקות ותוצאותיהן:

#### א. בדיקת חומרה עבור חיישן האור:

חיברנו את חיישן האור (LDR) למערכת וביצענו בדיקה של תגובתו לעוצמות תאורה שונות. מדדנו את ערכי החיישן 5 פעמים עבור כל מצב תאורה, והשווינו את תוצאות המדידה לערכים הצפויים (חישבנו את מרכזי הטווחים) לפי הגדרות מראש, במטרה לבדוק את רמת הדיוק והמהימנות של החיישן.

- לצורך ניתוח הנתונים, ביצענו מבחן **t מזווג (paired t-test)** אשר בוחן האם קיים הבדל מובהק סטטיסטית בין ערכי המדידה לערכים הצפויים, ברמת מובהקות של 95%.

#### השערות המחקר:

$H_0$  השערת האפס: אין הבדל מובהק בין ערכי החיישן לערכים הצפויים.

$H_1$  השערה חלופית: קיים הבדל מובהק בין ערכי החיישן לערכים הצפויים.

#### תוצאות הבדיקה:

מספר בדיקה	מצב	ערך מהחיישן	הערך הצפוי	מרכז הטווח	הפרש
1	חושך מוחלט	907	900-1023	962	55
2	תאורת לילה	850	800-900	850	0
3	תאורת חדר רגילה	440	300-600	450	10
4	אור יום	251	200-400	300	49
5	תאורה חזקה	44	0-100	50	6



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

### תוצאות המבחן:

t סטטיסטי: -2.07

ערך p רמת מובהקות: 0.107

### משמעות:

מאחר ש  $p > 0.05$  אין עדות מובהקת לכך שהחיישן סוטה באופן שיטתי מהערכים הצפויים.

כלומר, אין הבדל מובהק סטטיסטית בין המדידות שלך לבין המרכזים הצפויים - מה שמצביע על כך שהחיישן מדויק מספיק לפי הנתונים שבידך.

### ב. בדיקת חומרה עבור חיישן המרחק:

חיברנו את חיישן המרחק האולטראסוניק ובדקנו את דיוקו באמידת מרחקים. הצבנו אובייקטים במרחקים ידועים (2 ס"מ, 3 ס"מ, 4 ס"מ, 5 ס"מ וכו') ובדקנו את ערך המרחק שחזר מהחיישן ב-10 מדידות לכל מרחק. המטרה הייתה לבדוק האם תוצאות החיישן מדויקות, כלומר - האם תוחלת המדידה שווה לערך האמיתי של המרחק. מטרת הבדיקה היא לבדוק האם קיים הבדל מובהק בין קריאות החיישן לבין הערכים הנכונים בפועל ברמת מובהקות של 95%.

### השערות המחקר:

$H_0$ : אין הבדל מובהק בין קריאת החיישן למרחקים האמיתיים.

$$u_d = 0$$

$H_1$ : קיים הבדל מובהק בין קריאת החיישן למרחקים האמיתיים.

$$u_d \neq 0$$



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

**תוצאות הבדיקה:**

מספר בדיקה	מרחק בפועל (ס"מ)	קריאה מהחיישן (ס"מ)	הפרש
1	2	2	0
2	3	3	0
3	4	4	0
4	5	5	0
5	6	6	0
6	7	7	0
7	7	7	0
8	7	7	0
9	8	8	0
10	9	9	0

**תוצאות המבחן:**

**כל תוצאות המדגם זהות לחלוטין ואין שונות, לכן אין צורך לבצע מבחן סטטיסטי כדי**  
לאשר את נכונות ההשערה.

ניתן לומר שהתוצאות מתאימות לחלוטין לציפיות, ואין עדות לשגיאה ברגישות החיישן  
באמידת המרחק ממנו.



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

## **5. מסקנות ותובנות:**

במהלך הפרויקט פיתחנו מערכת אינטראקטיבית לשיפור אימוני ספורטאים בארגון אס"א בן-גוריון, המבוססת על מיקרו-בקר מסוג Arduino. שילבנו חיישן אור למדידת מהירות תגובה (באמצעות כיסוי מקור אור) וחיישן מרחק לזיהוי תנועות בטווח קצר. המערכת כוללת חיישן אור (LDR) אשר שימש למדידת מהירות תגובה של המשתמש - על ידי זיהוי זמן התגובה שלו לכיבוי נורית LED באמצעות כיסוי האור. בנוסף, נעשה שימוש בחיישן מרחק (Ultrasonic) לצורך מדידת מהירות התגובה והדיוק של המשתמש בעזרת הנחת היד בקרבת החיישן.

במהלך תהליך הפיתוח רכשנו מיומנויות חדשות בשפת תכנות Arduino, עבודה עם רכיבים חשמליים ואלקטרוניים וחיבור מדויק של חיישנים למעגלים חשמליים תוך בדיקה ופתרון תקלות. למדנו לזהות את השפעת תנאי הסביבה על מדידות, את החשיבות של דיוק בתזמון ואת העיקרון של יצירת משוב בזמן אמת – לצורך שיפור ביצועים ומוטיבציה של המתאמן. ביצענו בדיקות תקינות לרכיבי החומרה, כולל חיישן האור וחיישן המרחק. לצורך כך השתמשנו במבחן סטטיסטי מסוג t מזווג, על מנת לבדוק האם המדידות בפועל תואמות לערכים תיאורטיים צפויים.

בהתבסס על הצלחת הפרויקט והלקחים שנלמדו, אנו ממליצים על מספר שדרוגים מעשיים למערכת הקיימת: הוספת חיווי קולי או ויזואלי נוסף ושמירת נתונים על כל שחקן לצורך מעקב ושיפור לאורך זמן.



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

## **נספח 1 - הוראות למפעיל:**

### **חיבור לחשמל:**

חבר את הרכיבים לפי התכנון.

חבר את המערכת למחשב באמצעות כבל USB.

ודא שהמסך נדלק והמערכת מוכנה לפעולה.

### **הפעלת המשחק:**

לחץ על הכפתור - תופיע משימה חדשה במסך.

ייתכנו שתי משימות:

**חסימת אור:** יש לחסום את חיישן האור בזמן.

**הגעה למרחק:** יש לקרב את היד למרחק שיצוין במסך.

אם הצלחת במשימה:

- תידלק נורה.
- יוצג זמן תגובה.
- המנוע יבצע תנועה.

אם לא הצלחת:-

- תופיע הודעה: "Too slow".

לאחר מכן, תופיע הודעה שהמערכת מוכנה למשימה חדשה. (לחץ שוב על הכפתור וחזור להתחלה).





**נספח 2 - תיעוד הקוד:**

```
#include <Servo.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>


const int buttonPin = 6;

const int ledPin = 13;

const int trigPin = 7;

const int echoPin = 8;

const int ldrPin = A0;

const int servoPin = 9;


LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); // Initialize LCD with I2C address 0x27

Servo myServo;


void setup() {

    pinMode(buttonPin, INPUT_PULLUP); // Button uses internal pull-up
resistor

    pinMode(ledPin, OUTPUT);

    pinMode(trigPin, OUTPUT);

    pinMode(echoPin, INPUT);


    lcd.begin(16, 2);    // Start LCD
```



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

```
lcd.backlight();    // Turn on backlight

Serial.begin(9600); // Start Serial Monitor

lcd.print("System Ready");

delay(1500);

lcd.clear();

randomSeed(analogRead(A5)); // Initialize random seed for task selection
}

void loop() {

  if (digitalRead(buttonPin) == LOW) {

    lcd.clear();

    lcd.print("New Task Incoming!");

    delay(1000);

    lcd.clear();

    int task = random(1, 3); // Randomly choose 1 = light, 2 = distance

    bool success = false;

    unsigned long reactionTime = 0;

    unsigned long timeout = random(1000, 3001); // Set a time limit between
1–3 seconds

    if (task == 1) {
```



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

```
// Light blocking task
```

```
Serial.println("===== NEW TASK =====");
```

```
Serial.println("Task: Block the light");
```

```
Serial.print("Time limit: ");
```

```
Serial.print(timeout / 1000.0, 1);
```

```
Serial.println(" seconds");
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Task: Block light");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Time limit: ");
```

```
lcd.print(timeout / 1000.0, 1);
```

```
lcd.print("s");
```

```
delay(2000);
```

```
lcd.clear();
```

```
unsigned long startTime = millis();
```

```
while (millis() - startTime < timeout) {
```

```
    int lightVal = analogRead(ldrPin);
```

```
    if (lightVal > 250) {
```

```
        reactionTime = millis() - startTime;
```

```
        success = true;
```

```
        break;
```



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

```
}
```

```
}
```

```
} else if (task == 2) {
```

```
// Distance target task
```

```
int targetDist = random(1, 8); // narrowed range to 1-8 cm
```

```
Serial.println("===== NEW TASK =====");
```

```
Serial.println("Task: Reach target distance");
```

```
Serial.print("Target distance: ");
```

```
Serial.print(targetDist);
```

```
Serial.println(" cm");
```

```
Serial.print("Time limit: ");
```

```
Serial.print(timeout / 1000.0, 1);
```

```
Serial.println(" seconds");
```

```
lcd.setCursor(0, 0);
```

```
lcd.print("Reach ");
```

```
lcd.print(targetDist);
```

```
lcd.print("cm!");
```

```
lcd.setCursor(0, 1);
```

```
lcd.print("Time: ");
```

```
lcd.print(timeout / 1000.0, 1);
```



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

```
lcd.print("s");

delay(2000);

lcd.clear();


unsigned long startTime = millis();
while (millis() - startTime < timeout) {

    long duration;

    digitalWrite(trigPin, LOW);

    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(trigPin, HIGH);

    delayMicroseconds(10);

    digitalWrite(trigPin, LOW);

    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

    unsigned long distance = duration / 58;


    if (distance >= targetDist - 0.3 && distance <= targetDist + 0.3) {

        reactionTime = millis() - startTime;

        success = true;

        break;

    }

}

}
```



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

```
lcd.clear();

if (success) {

    // Show success on LCD + Serial

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Success!");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("      "); // clear line

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("Time: ");

    lcd.print(reactionTime/1000.0, 4);

    lcd.print("s");

    Serial.println("SUCCESS!");

    Serial.print("Reaction time: ");

    Serial.print(reactionTime/1000.0, 4);

    Serial.println(" seconds");

    digitalWrite(ledPin, HIGH);

    // servo motion and detach

    myServo.attach(servoPin);

    myServo.write(90);
```



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

```
delay(1500);

myServo.write(0);

delay(500);

myServo.detach();

} else {

    // Show failure

    lcd.setCursor(0, 0);

    lcd.print("Too slow!");

    lcd.setCursor(0, 1);

    lcd.print("Try again.");

    Serial.println("FAILED: User did not respond in time.");

}

digitalWrite(ledPin, LOW);

delay(2000);

lcd.clear();

lcd.print("Ready again");

}

}
```



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

**נספח 3 – תיעוד קוד בדיקת מרחק ע"י חיישן אולטראסוניק:**

```
const int trigPin = 7; // Trig pin

const int echoPin = 8; // Echo pin


void setup() {

    Serial.begin(9600);      // Start Serial Monitor

    pinMode(trigPin, OUTPUT); // Trig is an output

    pinMode(echoPin, INPUT);  // Echo is an input}

void loop() {

    long duration;

    int distance;

    // Send pulse to Trig

    digitalWrite(trigPin, LOW);

    delayMicroseconds(2);

    digitalWrite(trigPin, HIGH);

    delayMicroseconds(10);

    digitalWrite(trigPin, LOW);

    // Read the time it takes for the pulse to return

    duration = pulseIn(echoPin, HIGH);

    // Calculate distance in centimeters

    distance = duration / 58;


    // Print distance to Serial Monitor
```





הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

```
Serial.print("Distance: ");
```

```
Serial.print(distance);
```

```
Serial.println(" cm");
```

```
delay(500); // Wait half a second between readings}
```



הפקולטה למדעי ההנדסה- המחלקה להנדסת תעשייה וניהול  
אוטומציה וייצור ממוחשב 364-1-3321  
אוניברסיטת בן גוריון בנגב

#### **נספח 4 – תיעוד קוד בדיקת חיישן LDR:**

```
const int ldrPin = A0; // Pin connected to the LDR

void setup() {
  Serial.begin(9600); // Initialize Serial Monitor}

void loop() {
  int lightValue = analogRead(ldrPin); // Read analog value from LDR (0–
1023)
  Serial.print("Light level: ");
  Serial.println(lightValue);
  delay(500); // Delay 0.5 seconds between readings}
```