

קבוצה 2- דוח תרגיל Arduino

הדר בן עמי 211329461

מור בין 207175977

אלמוג פישמן 208135806

רומי בן שחר 209521707

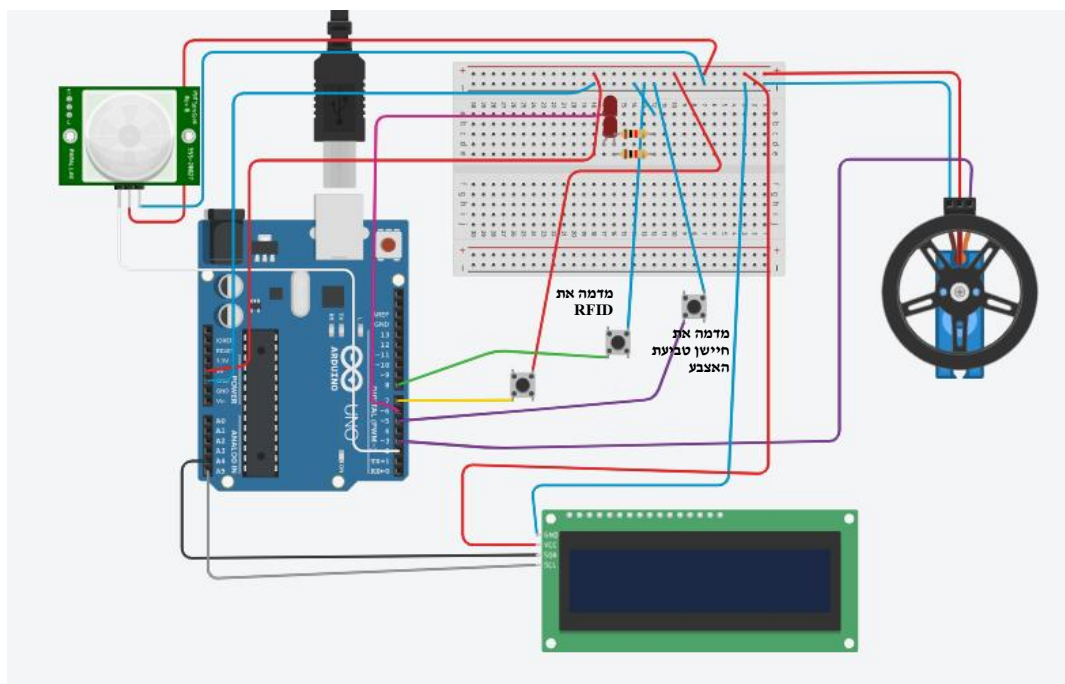
תיאור מטרת המערכת: הפרויקט מציג אב-טיפוס למערכת בקרה המשמשת כ"חדר בקרה" טכני עבור מופע הפסטיגל. מטרת המערכת היא לאפשר לבמאי המופע שליטה מבוקרת ומאובטחת על אלמנטים מכניים ותאורה על הבמה. המערכת מוודאת שרק הבמאי (או מפעיל מורשה) יוכל להפעיל את הפעלולים, ומספקת חיווי בזמן אמת על מצב המערכת ועל סיום הפעולות בצורה בטוחה.

סיפור המסגרת: התרחיש מתמקד בבמאי הפסטיגל הנמצא בחדר הבקרה מאחורי הקלעים. כדי להתחיל רצף פעולות במופע (כמו הנפת שחקן או סיבוב תפאורה), הבמאי צריך לעבור תהליך זיהוי ולאחר מכן להפעיל את המערכת בצורה ידנית. המערכת מדמה את ניהול המעבר בין שלב ההכנות בחדר הבקרה לבין ביצוע הפעלול בפועל על הבמה מול הקהל.

תיאור משימת הבקרה: תהליך העבודה של המערכת מתבצע לפי השלבים הבאים:

- אבטחת גישה לחדר הבקרה: כדי למנוע הפעלה בשוגג, הבמאי חייב להזדהות מול המערכת באמצעות חיישן טביעת אצבע. כגיבוי למקרה חירום, ניתן להשתמש בחיישן RFID לפתיחת המערכת. עם הזיהוי, מסך ה LCD מציג הודעת ברוך הבא אישית.
- הפעלת האלמנט המכני: לאחר הזיהוי, הבמאי לוחץ על כפתור ההפעלה. לחיצה זו מפעילה את מנוע servon (המדמה במה מסתובבת) למשך זמן קצוב של 5 שניות.
- ניטור סיום הפעולה: חיישן תנועה ממוקם בנקודת הסיום על הבמה. כאשר הוא מזהה שהתנועה הסתיימה (ירידה של השחקן מהבמה), הוא מפעיל את הled כסימן להצלחת המשימה ומעבר לשלב הבא שהוא הבהוב אורות ולייזרים כחלק מהמשך המופע. לבסוף לאחר 5 שניות נוספות מאפס את המערכת להפעלה הבאה.

להלן צילום מסך מתוך מערכת סימולטור TINKCARD המדמה את המערכת שלנו:



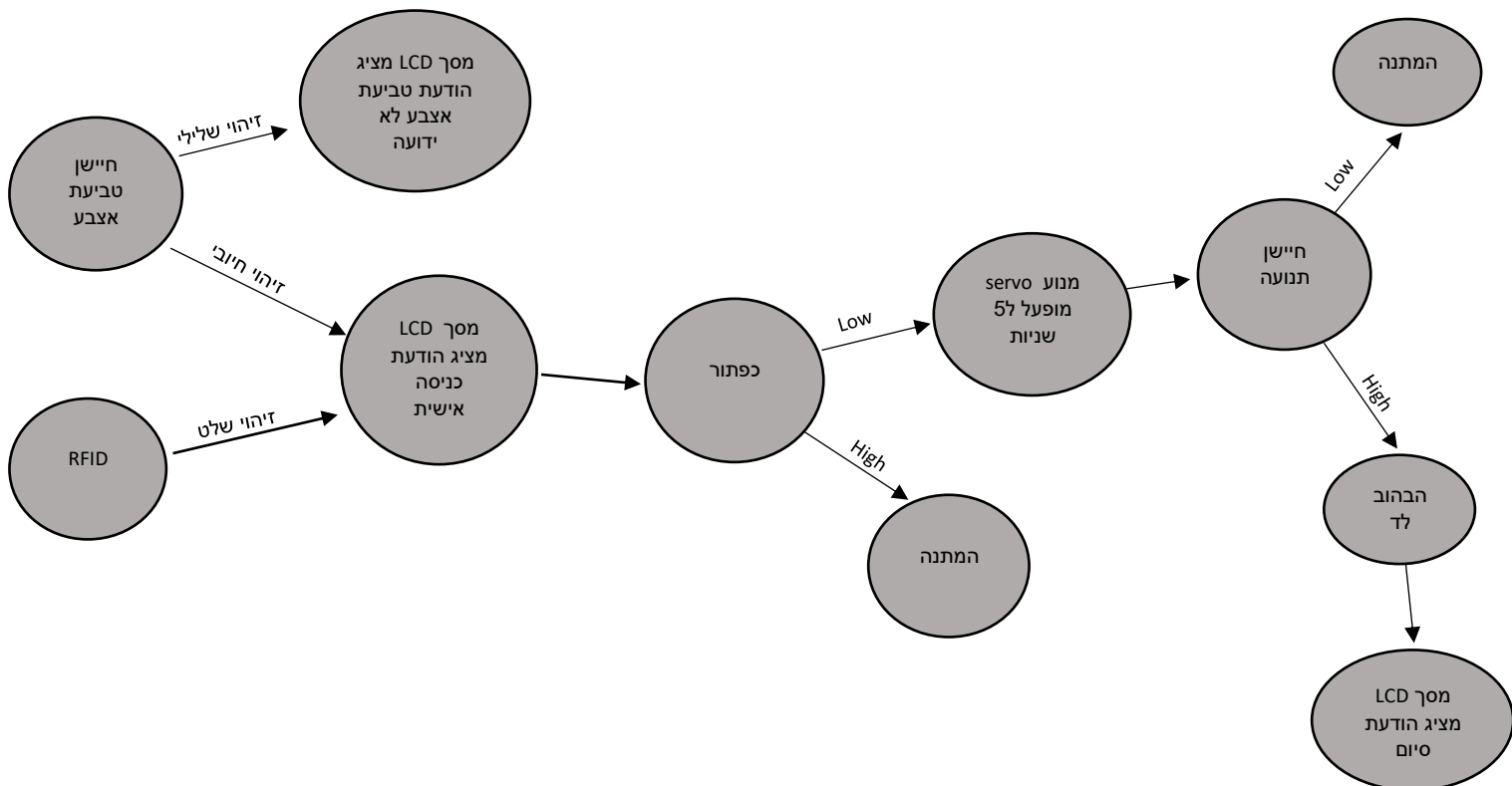
תיאור התוכן הכולל:

רכיב	מספר פין	תצורה	מטרת שימוש
חיישן טביעת אצבע	4,5	input	זיהוי ביומטרי מאובטח של הבמאי לכניסת חדר הפעלה
חיישן תקשורת RFID	Rst-9 SDA-10 MOSI-11 MISO-12 SCK-13 3.3v-3.3v	input	מנגנון גיבוי עוקף אבטחה במקרה של תקלה בחיישן טביעת אצבע
מסך LCD	A4,A5	output	הצגת הודעת כניסה למפעיל
כפתור לחיצה	7	input	הפעלה ידנית של המנוע (הפעלת הבמה המסתובבת)
מנוע servo	3	output	ביצוע פעולה מכנית של סיבוב הבמה
חיישן תנועה	2	input	זיהוי הגעת השחקן לנקודת סיום והפעלת חיווי סיום
נורת LED	6	output	חיווי ויזואלי על סיום המופע

תעודת זהות חיישן טביעת אצבע:

- שם הרכיב: AS608 Optical Fingerprint Sensor Module
- סוג חיישן: ביומטרי-אופטי (Optical)
- מפרט טכני (Specifications):
- מתח עבודה: 3.3V DC – 5V
- זרם עבודה: כ-120mA (בזמן סריקה).
- ממשק תקשורת: תקשורת טורית (TTL Serial / UART).
- קצב העברת נתונים (Baud Rate): מוגדר כברירת מחדל ל-57600 bps (טווח 57600-9600).
- זמן עיבוד תמונה: פחות מ-1.0 שניות.
- קיבולת זיכרון: אחסון של עד 162 תבניות טביעת אצבע.
- רמת דיוק ואבטחה:
- אחוז קבלה שגויה (FAR): קטן מ-0.001%.
- אחוז דחייה שגויה (FRR): קטן מ-1.0%.

תרשים זרימה:



בדיקת רגישות המערכת בתנאי סביבה שונים:

במסגרת הבדיקות, הרצנו את המערכת ב-5 תרחישים שונים כדי לבחון את עמידות החיישנים והלוגיקה. להלן הממצאים:

1. **תאורת חדר רגילה:** המערכת תפקדה באופן אופטימלי. זיהוי טביעת האצבע וה RFID היה מהיר, והמסך היה קריא.
2. **חשיפה לאור שמש ישיר:** נצפתה רגישות גבוהה בחיישן טביעת האצבע האופטי. האור הפריע לקריאה תקינה של האצבע בחלק מהניסיונות. כמו כן, תצוגת ה LCD הייתה קשה לקריאה ללא הצללה.
3. **סביבה חשוכה לחלוטין:** המערכת תפקדה מצוין. האור האחורי של ה LCD ושל חיישן האצבע הספיקו לתפעול מלא. נורת ה LED יצרה אינדיקציה ברורה מאוד.
4. **ידיים לחות:** נצפתה רגישות קריטית. כאשר האצבע הייתה מעט לחה (זיעה או מים), חיישן טביעת האצבע התקשה מאוד לבצע התאמה ודרש ניגוב של האצבע והחיישן כדי להצליח.
5. **בדיקת אבטחה וזיהוי שגוי:** ניסינו לפתוח את המערכת עם כרטיסים זרים (כמו רב-קו, כרטיס אשראי עם צ'יפ) ועם אצבעות של אנשים שלא נרשמו, המערכת הגיבה מצוין וחסמה את הגישה (הדפיסה הודעות שגיאה)

מתי זיהינו שהמערכת רגישה? מערכת הפגינה רגישות מיוחדת בשני מצבים עיקריים:

1. **תאורה קיצונית:** חיישן טביעת האצבע האופטי רגיש מאוד לשינויי תאורה קיצוניים (שמש ישירה), שכן הוא מסתמך על צילום תמונה של האצבע.
2. **לחות וניקיון:** המערכת רגישה מאוד למצב הפיזי של האצבע הדוגמת. לכלוך או רטיבות מנעו כניסה, מה שפוגע מעט בחוויית המשתמש בתנאים לא סטריליים.

מסקנות מהעבודה:

הפרויקט המחיש כיצד מערכת בקרה פיזית תלויה באופן קריטי בתקשורת מול המשתמש. נוכחנו לדעת שהמעבר בין השלבים חייב להיות מלווה בחיווי ברור במסך ה LCD, אחרת המשתמש "הולך לאיבוד" בתהליך. בנוסף, השילוב של מספר אמצעי זיהוי (כרטיס וטביעת אצבע) הוכיח את עצמו כיעיל להנגשת המערכת למשתמשים שונים.

השדרוג שחשבנו שכדאי להוסיף למערכת הוא מנגנון אימות כפול. כרגע המערכת עובדת בתצורת "או/או" (כרטיס או אצבע). לשדרוג רמת האבטחה למתקנים רגישים, ניתן לשנות את הקוד כך שידרוש את שניהם ברצף: המשתמש יצטרך גם להעביר כרטיס וגם לסרוק אצבע כדי לקבל אישור כניסה, מה שיקשה מאוד על זיוף זהות.

נספח א': דף הוראות למפעיל

שם המערכת: בקרת כניסה (RFID + טביעת אצבע + חיישן תנועה)

1. מצב התחלתי

- כאשר המערכת דולקת וממתינה, נורת ה LED כבויה.
- על צג ה LCD מופיע הכיתוב: SYSTEM LOCKED SCAN CARD/FINGER

2. שלב הזיהוי והכניסה למשתמש יש שתי אפשרויות לביצוע הזיהוי:

- **אפשרות א' - תג קירבה (RFID):** יש להצמיד את התג הכחול/לבן לחיישן הקורא.
- **אפשרות ב' - טביעת אצבע:** יש להניח את האצבע המוגדרת על משטח הסורק האופטי ולהמתין להבהוב האדום.
- **במקרה של הצלחה:** המסך יציג "ROOM UNLOCKED" ולאחר מכן "WELCOME KEREN" המערכת תעבור למצב "פתוח".
- **במקרה של כישלון:** המסך יציג "FINGER UNKNOWN" והמערכת תחזור לנעילה.

3. תפעול בתוך החדר לאחר הזיהוי המוצלח, המערכת ממתינה לפעולה יזומה:

- על המסך תופיע ההודעה PRESS BUTTON
- יש ללחוץ על הלחצן הייעודי.
- תגובת המערכת: המנוע (Servo) יתחיל לפעול, ימתין 5 שניות ויינעל חזרה.
- המסך יתעדכן לREADY FOR SENSOR

4. סיום תהליך ויציאה כאשר המשתמש נע בחדר מול חיישן התנועה:

- המערכת תזהה תנועה ותפעיל רצף קבלת פנים: הבהובי LED והצגת שמות חברי הצוות על המסך.
- בסיום התצוגה, המערכת תבצע איפוס אוטומטי ותחזור למצב ההתחלתי (SYSTEM LOCKED) להמתנה למשתמש הבא.

נספח ב' : שימוש בכלי AI

במהלך פיתוח העבודה נעשה שימוש בכלי בינה מלאכותית לצורכי למידה ותמיכה בלבד. נעזרנו בכלי ChatGPT ובכלי Gemini על מנת להבין את אופן החיבור הנכון בין רכיבי החומרה, לקבל סיוע בהבנת תקלות בקוד, ולחדד את הלוגיקה של זרימת התוכנית. השימוש בכלים אלו נעשה כהכוונה כללית וכאמצעי עזר, תוך כתיבה עצמאית של הקוד, קבלת החלטות תכנוניות וביצוע בדיקות בפועל על המערכת.

נספח ג' : תיאור קוד

הקוד נכתב בסביבת פיתוח Arduino IDE. המערכת עוברת בין מצבים שונים (נעול, פתוח, פעיל) בהתאם לקלט מהחיישנים. להלן פירוט המבנה הלוגי והרכיבים:

1. ספריות והגדרות חומרה הקוד עושה שימוש בספריות חיצוניות כדי לנהל את רכיבי החומרה השונים בפרוטוקולים מתאימים:

- הספרייה SPI.h ו-MFRC522.h משמשות לתקשורת עם רכיב ה-RFID בפרוטוקול SPI
- הספרייה Wire.h ו-LiquidCrystal_I2C.h משמשות לתקשורת עם מסך ה-LCD בפרוטוקול I2C
- הספריות Adafruit_Fingerprint.h ו-SoftwareSerial.h משמשות ליצירת תקשורת טורית וירטואלית עם חיישן טביעת האצבע.
- הספרייה Servo.h משמשת לשליטה במנוע הסרבו.

מיפוי החיבורים (Pinout) בלוח הארדואינו:

- חיישן RFID מחובר לפינים 9 (RST) ו-10 (SDA).
- חיישן טביעת אצבע מחובר לפינים 4 ו-5.
- מנוע הסרבו מחובר לפין 3.
- הכפתור מחובר לפין 7 מוגדר כקלט עם נגד משיכה פנימי.
- חיישן התנועה מחובר לפין 2.
- נורת ה-LED מחוברת לפין 6.

2. משתנים גלובליים לניהול מצבים הלוגיקה מנוהלת על ידי שני משתנים בוליאניים (דגלים) המגדירים את מצב המערכת:

- המשתנה isUnlocked מסמן האם המערכת עברה זיהוי מוצלח (אמת = המערכת פתוחה).
- המשתנה motorWasRun מסמן האם בוצעה הפעולה הפיזית של פתיחת הדלת (כדי למנוע חזרה על הפעולה לפני סיום התהליך המלא).

3. תיאור זרימת התוכנית (Main Loop Logic) הלולאה הראשית loop מחולקת לשלושה שלבים מותנים:

שלב א: אימות וכניסה חלק זה פעיל רק כאשר המשתנה isUnlocked הוא שקר (המערכת נעולה). הקוד דוגם במקביל את חיישן ה RFID ואת חיישן טביעת האצבע. במקרה של זיהוי כרטיס תקין או טביעת אצבע תואמת, הקוד קורא לפונקציה unlockSystem שמשנה את מצב המשתנה isUnlocked לאמת.

שלב ב: הפעלה פיזית חלק זה פעיל כאשר המערכת במצב פתוח isUnlocked אמת (המנוע טרם הופעל). הקוד ממתין לסיגנל LOW מהכפתור (לחיצה). כאשר הכפתור נלחץ, מנוע הסרבו נע לזווית 0 מעלות, ממתין 5 שניות, וחוזר לזווית 90 מעלות. לאחר מכן המשתנה motorWasRun הופך לאמת.

שלב ג: סיום ומשוב חלק זה פעיל לאחר שהמנוע הופעל. הקוד ממתין לסיגנל HIGH מחיישן התנועה. כאשר מזוהה תנועה, המערכת מבצעת סדרת הבהובים בנורת ה LED ומציגה את שמות המשתמשים על המסך. בסיום התצוגה, המערכת מאפסת את כל המשתנים הבוליאניים isUnlocked ו-motorWasRun חוזרים להיות שקר) וקורא לפונקציה שנועלת את המערכת).

4. פונקציות עזר מרכזיות:

- הפונקציה getFingerprintID אחראית על עיבוד התמונה מחיישן האצבע והחזרת המזהה אם נמצאה התאמה, או קוד שגיאה אם לא.
- הפונקציה unlockSystem מעדכנת את המסך להודעת פתיחה ומשנה את הסטטוס הלוגי של המערכת.
- הפונקציה showLockedMessage פונקציית אתחול המנקה את המסך ומציגה את הודעת הפתיחה הראשית המודיעה שהמערכת נעולה.

נספח ד': קוד

```
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
#include <Servo.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <Adafruit_Fingerprint.h>
```

```
// --- הגדרת פינים ---
```

```
#define RST_PIN 9
#define SS_PIN 10
#define BUTTON_PIN 7
#define SERVO_PIN 3
#define MOTION_PIN 2
#define LED_PIN 6
```

```
// פינים לטביעת אצבע
```

```
SoftwareSerial mySerial(4, 5);
```

```

// אובייקטים
MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN);
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2);
Servo myServo;
Adafruit_Fingerprint finger = Adafruit_Fingerprint(&mySerial);

// משתנים לוגיים
bool isUnlocked = false;
bool motorWasRun = false;

void setup() {
  Serial.begin(9600); // אתחול התקשורת ל Serial Monitor
  SPI.begin();
  mfrc522.PCD_Init();
  finger.begin(57600);

  myServo.attach(SERVO_PIN);
  myServo.write(90);

  pinMode(BUTTON_PIN, INPUT_PULLUP);
  pinMode(MOTION_PIN, INPUT);
  pinMode(LED_PIN, OUTPUT);

  lcd.init();
  lcd.backlight();

  showLockedMessage();

  // הדפסה ראשונית: המערכת עלתה ומוכנה
  Serial.println(F("System Initialized & Locked. Waiting for user input..."));
}

void loop() {
  // =====
  // (או טביעת אצבע RFID) שלב 1: המתנה לזיהוי
  // =====
  if (!isUnlocked) {

    // בדיקת RFID
    if (mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() && mfrc522.PICC_ReadCardSerial()) {
      // הדפסה: זוהה כרטיס
      Serial.println(F("RFID Detected - Access Granted"));

      unlockSystem();
      mfrc522.PICC_HaltA();
      mfrc522.PCD_StopCrypto1();
    }

    // בדיקת טביעת אצבע
    int fingerResult = getFingerprintID();
  }
}

```



```

if (fingerResult >= 0) { // נמצאה התאמה
  // הדפסה: זוהתה אצבע תקינה + מזהה
  Serial.print(F("Fingerprint Match Found! ID: "));
  Serial.println(fingerResult);

  unlockSystem();
}
else if (fingerResult == -2) { // זוהתה אצבע לא מוכרת
  // הדפסה: אצבע לא מוכרת
  Serial.println(F("Access Denied - Unknown Fingerprint scanned"));

  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("FINGER UNKNOWN");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("TRY AGAIN...");
  delay(3000);
  showLockedMessage();
}
}

// =====
// שלב 2: מערכת פתוחה - כפתור ומנוע
// =====
if (isUnlocked && !motorWasRun) {
  if (digitalRead(BUTTON_PIN) == LOW) {
    // הדפסה: הכפתור נלחץ והמנוע מתחיל לזוז
    Serial.println(F("Button Pressed -> Motor Moving (0 degrees)..."));

    lcd.clear();
    lcd.print("Motor Running...");

    myServo.write(0);
    delay(5000);

    myServo.write(90);
    motorWasRun = true;

    // הדפסה: המנוע סיים
    Serial.println(F("Motor Finished. Waiting for Motion Sensor..."));

    lcd.clear();
    lcd.print("READY FOR SENSOR");
    delay(2000);
  }
}

// =====
// שלב 3: חיישן תנועה - סיום עם קרדיטים

```

```
// =====
if (motorWasRun && digitalRead(MOTION_PIN) == HIGH) {
  // הדפסה: זוהתה תנועה
  Serial.println(F("Motion Detected -> Starting Light Show & Credits sequence"));

  // 1. הבהובים ראשוניים
  for (int i = 0; i < 5; i++) {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("SENSOR ACTIVATED");
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    delay(500);

    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("LIGHTS ON LET'S GO");
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    delay(500);
  }
  digitalWrite(LED_PIN, LOW); // וידוא כיבוי

  // 2. הצגת השמות (חצי שניה כל אחד)
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("ROMI"); delay(500);
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("MOR"); delay(500);
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("HADAR"); delay(500);
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("ALMOG"); delay(500);

  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("KEREN ?"); delay(500);
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("KEREN !"); delay(500);
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 0); lcd.print("What?"); delay(500);
  lcd.clear(); lcd.setCursor(0, 1); lcd.print("KEREN !!"); delay(500);

  // 3. סיום חגיגי
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("AUTOMATION...");
  delay(2000);

  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("BEST COURSE!");
  delay(5000);

  // 4. איפוס המערכת
  // הדפסה: איפוס המערכת להתחלה
  Serial.println(F("Sequence Complete. Resetting System..."));

  isUnlocked = false;
  motorWasRun = false;
  showLockedMessage();
}

```

```

}

// --- פונקציות עזר ---

void showLockedMessage() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("SYSTEM LOCKED");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("SCAN CARD/FINGER");
}

void unlockSystem() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("ROOM UNLOCKED");
    lcd.setCursor(0, 1);
    lcd.print("WELCOME KEREN"); // ניתן לשנות לשם המשתמש הרצוי

    isUnlocked = true;
    delay(2000);

    lcd.clear();
    lcd.print("PRESS BUTTON");
}

int getFingerprintID() {
    uint8_t p = finger.getImage();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

    p = finger.image2Tz();
    if (p != FINGERPRINT_OK) return -1;

    p = finger.fingerFastSearch();
    if (p == FINGERPRINT_OK) {
        return finger.fingerID;
    } else {
        return -2;
    }
}

```