**עיצוב ופיתוח אובייקטים אינטראקטיביים (IoT)**

**מגישים:**

ליאור למצ'ינסקי 316329267

סתיו כהן 316492776

**תוכן עניינים**

מבוא ........................................................................................................... 3

חלק מעשי .................................................................................................... 3

חיישנים ........................................................................................................4

חישובים ....................................................................................................... 4

שליחת הנתונים לענן ....................................................................................... 6

תוצאה סופית ................................................................................................. 7

שרטוט של כלל הרכיבים .................................................................................. 8

**מבוא**

* במהלך ביצוע אימון כושר גופני, בדגש על אימון אירובי, המתאמן לא בהכרח יודע מהי רמת הכושר הגופני שלו במהלך האימון ומסתמך בעיקר על תחושות שלא בהכרח משקפות את המציאות.
* פרויקט זה בא לענות על הדרישה של הצגת מידע למשתמש המתאמן מהי רמת הכושר הגופני שלו לאורך ביצוע אימון הכושר
* לשם כך הוחלט על פיתוח מכשיר IoT שיידע בזמן אמת לזהות את רמת הכושר הגופני של המשתמש ע"י חיישנים שיודעים לקרוא פרמטרים שונים ולעבד אותם, ולבנות גרף למשתמש שבאמצעותו הוא יידע מהי רמת הכושר שלו לאורך משך האימון. את הגרף הוא יוכל לראות מכל מקום בעולם ובאיזה זמן שנוח לו.

**חלק מעשי**

מכשיר הIoT הינו מכשיר Arduino uno, אשר אליו מחברים חיישנים שונים הקולטים משתנים סביבתיים (עליהם יפורט בהמשך).

ישנם 3 חלקים מרכזיים בפרויקט בהם התמקדנו, המחברים ביחד את הרעיון הכולל של פלטפורמת הIoT :

1. חומרה: במסגרת הפרויקט, בוצע חיבור של חיישנים רבים למכשיר הארדואינו (מרביתם באופן עקיף דרך מטריצה, כלומר, החיישנים עצמם מחוברים למטריצה באופן ישיר, ובאותו קו של החיישן יש חוט שמחובר למכשיר הארדואינו, כל אחד מהחיישנים לpin שונה). בנוסף לכך, חובר למכשיר הארדואינו רכיב wifi מסוג ESP8266 על מנת לחבר את רכיב הארדואינו לרשת האינטרנט העולמית.
2. תוכנה: במסגרת הפרויקט, נכתב קוד בשפת ארדואינו אשר קורא את הערכים של כלל החיישנים ומבצע עליהם חישוב סופי על מנת לאמוד את מידת הכושר הגופני של המשתמש. עבור כל אחד מהחיישנים, בוצע שימוש בספרייה ייעודית שקוראת את הערכים הגולמיים שמגיעים מהAnalog In / מהDigital של הארדואינו, ומעבדת אותם לערכים בתצורת המדידה המוכרת לנו. בכל איטרציה של הלולאה, אנו קוראים את הנתונים מכלל החיישנים (באמצעות הספריות השונות), ומבצעים עליהם פונקציה מתמטית שקובעת בסופו של דבר את רמת הכושר הגופני של המשתמש. את כלל הערכים של החיישנים + הערך המשוקלל אנו שולחים לserial שהwifi יודע לקרוא
3. שירות ענן: במסגרת הפרויקט, אנו משתמשים בשירות ענן של Ubidots אליו אנו שולחים את המידע שהגיע מהחיישנים + הערך המשוקלל, והמידע מוצג בשירות הענן באמצעות גרפים, אותם המשתמש יכול לראות ולהסיק מהם מה רמת הכושר הגופני שלו כפונקציה של זמן האימון הגופני. בנוסף, המידע מוצג בזמן אמת בתרשימים המתארים באופן נוח וידידותי את הנתונים השונים. החיבור לשירות הענן מבוצע ע"י רכיב wifi מסוג ESP8266 שגם עליו נטען קטע קוד בארדואינו שסורק את המידע מהserial המשותף ושולח אותו לשירות הענן ע"י ספריה של UbidotsMicroESP8266.

**חיישנים**

במסגרת הפרויקט, אנו משתמשים ב3 חיישנים הקולטים משתנים סביבתיים אותם אנו מעבדים:

1. **Photo Resistor** – חיישן אור המחובר לארדואינו דרך מטריצה לעבר Analog In. חיישן זה מחזיר ערכים בין 0-1023 בהתאם לרמת האור שהוא קולט בחוץ. ככל שבחוץ יותר מואר, כך הוא יחזיר ערך גבוה יותר כאשר בחושך מוחלט הוא מחזיר ערך 0. בחיישן זה אנו לא משתמשים בספרייה ייעודית אלא קוראים את הנתונים הגולמיים שמגיעים מהחיישן.
2. **Pulse Sensor** – חיישן דופק המחובר לארדואינו דרך מטריצה לעבר Analog In. אנו קוראים מחיישן זה את הדופק הממוצע לדקה (BPM) של המשתמש, כאשר הוא מניח את האצבע שלו על החיישן. אנו השתמשנו בספרייה PulseSensorPlayground באמצעותה אנו מבצעים עיבוד על הערך הגולמי ומשתמשים בפונקציה שמקבלת את הערך הגולמי שמגיע מהAnalog והופכת אותו לערך של מספר פעימות הלב הממוצע לדקה.
3. **Temperature & Humidity Sensor** – חיישן טמפרטורה ולחות המחובר לארדואינו הן דרך מטריצה לעבר Analog In והן לDigital Pin. אנו קוראים מחיישן זה את הטמפרטורה והלחות שהחיישן קורא. אנו השתמשנו בספרייה הקיימת DHT באמצעותה אנו קוראים את הערך הגולמי מהDigital והספרייה מחשבת לנו ע"י הערך הגולמי הן את הטמפרטורה והן את הלחות ב2 משתנים שונים. הטמפרטורה במעלות צלזיוס והלחות באחוזים.
4. **GPS** – חיישן מיקום המחובר לארדואינו דרך מטריצה. הרכיב עובד בשיטה של העברת מידע דרך serial. לשם כך השתמשנו בserial וירטואלי + ספרייה לניתוח המידע הגולמי שמוציא הרכיב פעם בשניה הכולל קאורדינטות אורך ורוחב.

**רכיב הgps לא מחובר לתוצר הסופי עקב בעיית מתחים שנוצרה. לא ניתן לחבר את רכיב הgps ורכיב הwifi בו זמנית (ספציפית, רגל הch\_en ברכיב הwifi, עליה לא ניתן לוותר). אם חיברנו את שני הרכיבים בו זמנית, רכיב הgps לא הצליח להתחבר ללויין. רק ניתוק רגל הch\_en ברכיב הווייפיי איפשרה לgps למצוא את מיקומו. מאחר שמידע המיקום אינו תורם לחישוב הציון הסופי, החלטנו לבטל את הרכיב. בכל אופן, הקוד שלו עדיין נמצא בקבצים והוא מתועד.**

**חישובים**

על מנת להביא את רמת הכושר של המשתמש לידי ביטוי, אנו מבצעים פונקציה מתמטית שלוקחת בחשבון את כלל הערכים המעובדים שהגיעו מהחיישנים ומחזירה ערך בין 0 ל100 הקובע את מידת הכושר הגופני של המשתמש. החישוב מתבצע מדי שניה (עם Delay של שניה בין איטרציה לאיטרציה על מנת להקל על העומס שבו מתמודד רכיב הwifi), ומורץ על הBoard של Arduino. זאת כאשר 0 משמעו כושר נמוך ו100 משמעו כושר גבוה.

החישוב מתבצע בעיקר על סמך דופק הלב, עם התחשבות בטמפרטורה וגם מעט בלחות ובתאורה החיצונית.

**חישוב על סמך דופק הלב**: אנחת היסוד שלנו היא שבתנאים סביבתיים ממוצעים, הכושר המירבי בזמן פעילות גופנית הוא 120 פעימות לדקה כאשר הוא יורד בצורה ריבועית כאשר מספר הפעימות גבוה או נמוך, כאשר הכושר הגופני הוא 0 כאשר מגיעים ל30 פעימות בדקה בצד אחד או 210 פעימות בצד השני (קיצון לשני הצדדים). על סמך פונקציה זו נבנתה פרבולה שמודדת את מידת הכושר הגופני כפונקציה של הדופק, מה שיצא בסופו של דבר

Y = -0.012x^2 + 2.96x -77.77

**חישוב על סמך טמפרטורה**: אנחת היסוד שלנו שהטמפרטורה האופטימלית לכושר הינה 18 מעלות צלסיוס, וזאת מאחר שהגוף מתחמם במהלך כושר גופני ולכן הטמפרטורה צריכה להיות נמוכה מטמפרטורת החדר. ככל שהטמפרטורה עולה או יורדת, כך המאמץ הגופני גדל ולכן אנו מסתמכים על מספר פעימות גבוהה על מנת לקבוע את הכושר המרבי. הסתמכנו על ההנחה, שבטמפרטורה גבוהה מאד של כ30 מעלות צלסיוס או טמפרטורה נמוכה מאד של כ6 מעלות צלסיוס, אז מידת הכושר הגופני המירבית היא ב150 פעימות לדקה. לשם כך אנו משתמשים במקדם שעל פיו אנו קובעים באיזו מידה "להזיז" את הפונקציה מהסעיף הקודם. מקדם זה נקבע על סמך הטמפרטורה וערכו 1 מתי שהטמפרטורה היא 18 מעלות וגדל בהתאם לעלייה, ירידה בטמפרטורה.

פונקציית חישוב המקדם היא yt = 0.00146T^2 – 0.0526T + 1.4738 כאשר פונקציה זו היא 1 כאשר T=18. בסופו של דבר החישוב הסופי הוא:

**Y = -0.012x^2 + 2.96\*yt\*x – (-0.012 \* ((2.96\*yt / 0.024) – (120 - 30))^2 + 2.96\*y2\*((2.96\*yt / 0.024) - (120 - 30)))**

**חישוב על סמך לחות**:

בהיבטי לחות, אנו מעלים / מורידים את הטמפרטורה על סמך אחוזי הלחות. עד 50% לחות, הטמפרטורה תישאר כפי שהיא, ובין 50-60% תהיה עלייה של מעלה אחת בטמפרטורה, בין 60-70% עלייה של עוד מעלה לעומת 50-60% וכך הלאה, כך שב90-100% לחות יש עלייה של 5 מעלות מהטמפרטורה המקורית. הלחות לא נכנסת לחישוב הכולל אם כי היא משפיעה על הטמפרטורה

**חישוב על סמך אור**:

בהיבטי אור (photo resistor), אנו מעלים במעלה אחת בין 500 ל-800 את הטמפרטורה, וב2 מעלות בין 800 ל1023 (האור בחוץ מוסיף קצת לקושי ולכן מעלים את הטמפרטורה בקצת)

**שליחת הנתונים לענן**

לאחר שיש לנו את כלל הנתונים המעובדים והחישוב הסופי של רמת הכושר, כל שנותר הוא לשלוח את כלל הנתונים לשירות ענן. כלל הנתונים המעובדים של החיישנים (שעובדו ע"י הספרייה המתאימה) השונים נשלחים בנוסף לערך המחושב של רמת הכושר הסופית. השליחה מבוצעת ב2 שלבים:

1. שליחת הנתונים לserial וירטואלי שרכיב הesp8266 יודע לקרוא ממנו
2. קבלת הנתונים בקוד שנצרב על רכיב הesp8266 ושליחתו לרכיב הענן Ubidots.

בחלק הראשון, בקוד הנצרב בארדואינו, מאותחלים 2 serialים: אחד הוא הserial שהן המחשב והן רכיב הארדואינו קוראים ממנו (הserial הדיפולטי), והשני הוא serial וירטואלי שמצביע על פינים בארדואינו שאליהם רכיב הesp8266 מחובר וקורא מהם את הנתונים (במקרה שלנו פינים 3 ו4).

לאחר מכן בלולאה, בכל איטרציה נקראים כלל הנתונים המעובדים שהגיעו מהחיישנים ונקראים לתוך מחרוזת אחת, כאשר לפני כל אחד מהם יש כותרת של שם המדד ואז הערך של המדד עצמו. כלל הערכים מופרדים בתו של נקודה פסיק אחד מהשני (בפורמט של כותרת1;ערך1;כותרת2;ערך2). לבסוף מתווסף למחרוזת הערך המשוקלל של מידת הכושר המחושבת. המחרוזת הזו נכתבת הן לserial של המחשב (בעיקר לבקרה), והן לserial הוירטואלי על מנת שרכיב הesp8266 יוכל לקרוא ממנו.

בחלק השני, אנו מחברים את רכיב הesp8266 למכשיר הארדואינו, כאשר הכתיבה והקריאה מהארדואינו בעת טעינת הקוד לרכיב הesp8266 הוא דרך הDigital pins TX, RX אך מיד לאחר מכן הקריאה והכתיבה מהארדואינו לרכיב הוא דרך Digital pins 3, 4 מאחר ובהם יש את הserial שהארדואינו כותב אליו ולכן מבחינתו זהו הserial.

רכיב הesp8266 קורא את המחרוזת שהגיעה מהארדואינו (דרך הserial הוירטואלי) ומפצל את המחרוזת לפי התו ';' (נקודה פסיק). לאחר מכן, לפי הסדר של הערכים, מתבצעת בנייה של הclient של Ubidots כאשר בכל פעם מתווסף הtitle התואם את תפקיד החיישן (מדד אור / מדד דופק / מדד טמפרטורה / מדד לחות / מדד כושר משוקלל) ובנוסף הערך עצמו של החיישן, ובעצם נבנים הפרמטרים שיישלחו בבקשת הhttp לשירות הענן של Ubidots. לבסוף, לאחר שכל המחרוזת עובדה ונבנתה בקשת הhttp, הבקשה נשלחת בסוף האיטרציה והנתונים נרשמים באתר הUbidots.

הקוד שכתבנו לרכיב הwifi הוא קוד מודולרי, כך שאפשר להוסיף נתונים לשליחה רק דרך הקוד של הarduino ורכיב הwifi ידע מיד להתמודד איתם ללא שינויים בקוד (!). הפיכת הקוד למודולרי הקלה עלינו רבות במהלך הפיתוח, שכן טעינת קוד לרכיב ה-wifi מסורבלת יחסית ודורשת ביצוע reset+flash לרכיב.

(הספרייה UbidotsMicroESP8266.h) בה אנו משתמשים ממסכת את הבקשה עצמה, וכן אנו משתמשים בתחילת ההרצה (בשלב הSetup) בפונקציה שמחברת את הרכיב לרשת האינטרנט דרך רשת wifi עם שם משתמש וסיסמת התחברות לWifi. אנו מחברים את הרכיב לרשת Wifi שהנתב שלה הוא נתב אלחוטי שנמצא על טלפון נייד של אחד מחברי הצוות / נתב של רשת wifi.

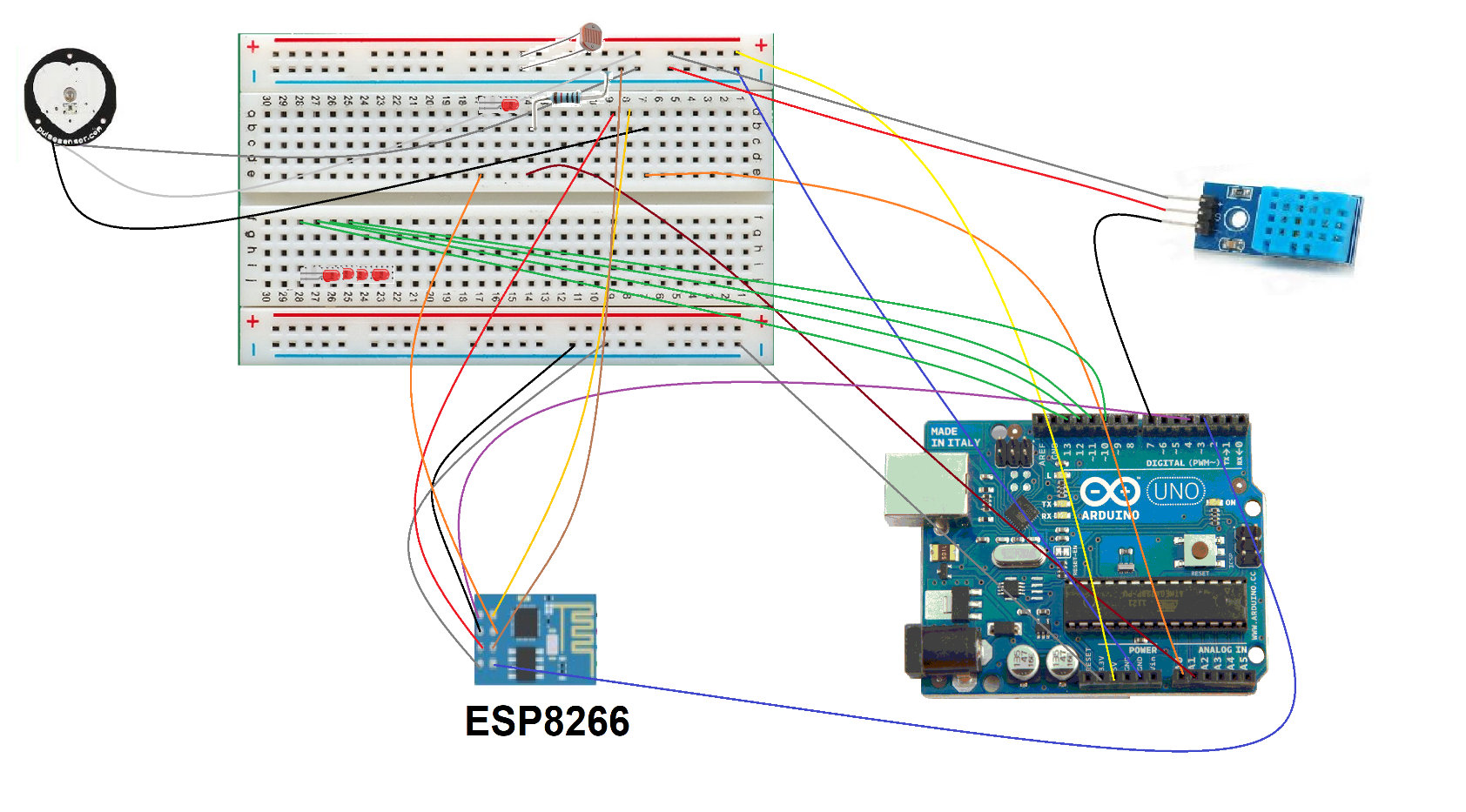
בנוסף, אנו מאתחלים את ספריית הUbidots בToken שבאמצעותו אנו מזדהים מול שירות הענן של Ubidots. מאחורי הקלעים, הToken נכנס לAuthorization Header בבקשת הhttp לשירות הענן, וכך אנו רואים את הנתונים באתר של Ubidots כאשר אנו נכנסים עם חשבון המשתמש אליו שייך הToken.

**תוצאה סופית**

בתוצאה הסופית, המשתמש נכנס לשירות הUbidots מכל מקום בעולם, ויכול לראות גרפים של כלל הערכים שנמדדו ועובדו ברכיב הארדואינו כפונקציה של זמן (מאחר ויש delay של שניה אחת בחישוב בין מדידה למדידה, גם בגרף הנתונים יתעדכנו כל שניה).

כך יוכל לראות המשתמש את רמת הכושר שלו לאורך זמן האימון.

מעבר לתצוגת הגרפים, מקבל המשתמש dashboard המציג את המדדים + "ציון" (רמת הכושר של המשתמש) האחרונים שנמדדו.

**שרטוט של כלל הרכיבים:**