

בונים מד גשם דיגיטלי

הקדמה:

מדידת גשם היא כלי חקלאי בסיסי שמאפשר לחקלאים לתאם בין כמות הגשם לכמות ההשקיה התוספתית ובכך למזער נזקים חקלאיים ולשמור על יבול גבוה. מדי גשם ראשונים תועדו עוד בשנת 500 לפני הספירה ביוון ובהודו, ולאורך ההיסטוריה המשיך להתפתח ככלי טכנולוגי¹.

כיום ניתן למצוא סוגים שונים של מדי גשם, מהפשוטים ביותר שמתמצים במיכל שעליו מצוירות שנתות ועד מדי גשם דיגיטליים שאוגרים את המידע ומשדרים את המידע לשרת מרוחק.

בפרק זה נבנה מד גשם דיגיטלי פשוט כהמשך ישיר לפרק גידול מבוקר - על חיישנים ואוטומציה.

מד הגשם מהווה גשר ראשון בין עולם החקלאות והסביבה לבין תחום הבקרה, ומאפשר לתלמידים להתנסות בבניית מערכת שלמה בעלת ערך שמורכבת מחיישן בודד.

מטרות:

- התלמידים ישתמשו ברכיבי חישה לבקרה, ויכירו את הפעולות הבסיסיות שנדרשות על מנת לחלץ מרכיבי החישה מידע רלוונטי
- התלמידים יבינו את הערך הממשי במערכות בקרה ובזה בחומר הנלמד
- התלמידים יכירו מושגים מדעיים נוספים מעולם המדע, החקלאות והסביבה
- התלמידים יחלו את צעדיהם הראשונים בחשיבה אלגוריתמית ויכירו בצורה אבסטרקטית מושגים חשובים

משך זמן



270 דקות (שלושה שיעורים כפולים)
במערך המינימלי ביותר.

גיל



חט"ב - חט"ע

התאמה לתחומי דעת



מדע, אלקטרוניקה, תוכנה, הנדסה

ידע מוקדם



לא נדרש

מושגים מרכזיים



נפח, עומק, פונקציה, קופסא שחורה

מיומנויות נלמדות



הרכבת מעגל, פתרון שגיאות
(debugging)

להכין מראש

לכל זוג תלמידים: מחשב, מעבד, חיישן
אולטראסוני, מתקן לחיישן
האולטראסוני, התקנה של ספריות
רלוונטיות לסביבת הפיתוח (לפי סעיף
13)

דגם הוראה

של ב	תיאור הפעילות	זמן דק'	סוג פעילות	עזרים
1.	על מדידת גשם דיון משולב בשאלות מאתגרות שמטרתן להכנס לתוך הבעיה של מדידת גשם.	15	 חידות  דיון	לכל השיעור: מצגת מלווה מחשב מחובר למקרן
2.	מדידות גשם - הסבר אחרי הניחושים המלומדים החלק הקודם, נבצע הקנייה, שתיישר קו על עיקרון הרעיון הבסיסי במדידת משקעים	5	 הקנייה	
3.	חוזרים לחייון האולטרסוני חוזרים לעמדת הניסוי של החייון האולטרסוני, בנקודה שעצרנו. הערה: שלבים 4 עד 11 דורשים חשיבה מתמטית ולוגית ברמה משוערת של כיתה ט' ומעלה. עם תלמידים צעירים יותר, ניתן לדלג על שלבים אלו או לחילופין להסביר את החלקים הללו תוך כדי דיון כיתתי	15	 עבודה בזוגות  פעילות מתוקשבת  דיון	מחשב לכל זוג
4.	על פונקציות וקופסאות שחורות א' נלמד על הרעיון הלוגי של פונקציה, כדי שנוכל להשתמש בקוד שלם שנכתב מראש ונבין שגם בלי להבין מה הוא עושה אפשר להשתמש בו לצרכינו	10	 הקנייה	
5.	תרגיל אישי: מכונת המשקאות בהמשך ללמידה על פונקציה, כל תלמיד על דף משלו ינסה לפרוט מה נכנס ומה יוצא מפונקצית מכונת המשקאות. לאחר מכן התלמידים יציגו רעיונות ונסכם את התרגיל	10	 עבודה אישית	
6.	על פונקציות וקופסאות שחורות ב' ננסה להשתמש ברעיון הלוגי של פונקציה על ערכי המדידה של החייון האולטרסוני	5	 עבודה בזוגות	
7.	פונקציה לתיקון זיוף נציג לתלמידים את הפונקציה שתשמש אותנו כדי לתקן זיוף	10	 הקנייה	

	 דין			
8.	 פעילות  עבודה בזוגות	15	טעינת הפונקציה לתיקון זיוף - התדיר ביותר התלמידים יטענו את הקוד המלא של הפונקציה לתיקון זיוף ויבחנו האם הפונקציה "ניטרלה" את הזיופים.	
9.	 הקנייה	10	פונקציה לתיקון פיזור נציג לתלמידים את הפונקציה שתשמש אותנו לתיקון	
10.	 פעילות  עבודה בזוגות	15	טעינת הפונקציה לתיקון הפיזור התלמידים יטענו את הקוד המלא של הפונקציה לתיקון זיוף ויבחנו האם הפונקציה "ניטרלה" את הפיזור.	
11.	 הקניה	5	סיכום שלב הפונקציות סיכום הפונקציות ממבט על	
12.	 פעילות  עבודה בזוגות	30	חיבור לThingspeak דרך האינטרנט כעת התלמידים יעקבו אחר רצף פעולות, באמצעות המצגת עצמה. עליהם להירשם לשירות thingspeak כדי לחבר את המערכת שלהם לשרת האינטרנט כך שניתן יהיה לצפות בתוצאות מדידת הגשם. הערה: ניתן לבצע את פתיחת החשבון והחיבור לthingspeak מבעוד מועד	
13.	 הקנייה  דין	15	דין בתוצאות	
14.	 הקנייה	10	חישוב צינור מד הגשם	
15.	 עבודה בזוגות  פעילות	20	הרכבת מד הגשם	יש להדפיס מראש את החלקים

על מדידת גשם [15 דק']

א. מתחילים את השיעור עם השאלה "מדוע בכלל מודדים גשם?". נותנים לתלמידים להעלות רעיונות, ומוסיפים על הרעיונות שלהם את סיכום השאלה:

- מדידת גשם עוזרת לחקלאים להחליט האם להשקות
- מדידות גשם מהעבר עוזרת לחקלאים להחליט אלו זנים ומינים מתאימים לאזור מסויים.
- מדידות גשם מספקות מידע חשוב גם בניטור תופעות אקלימיות

ב. השאלה הבאה, המלווה בתמונות, מנסה לעורר את הרעיונות המדעיים שעומדים מאחורי מדידת הגשם:



מה יתמלא מהר יותר?

בשלושה ימים הבאים תהיה סופת גשמים עזה.

שערו איזה מיכל יתמלא מהר יותר?

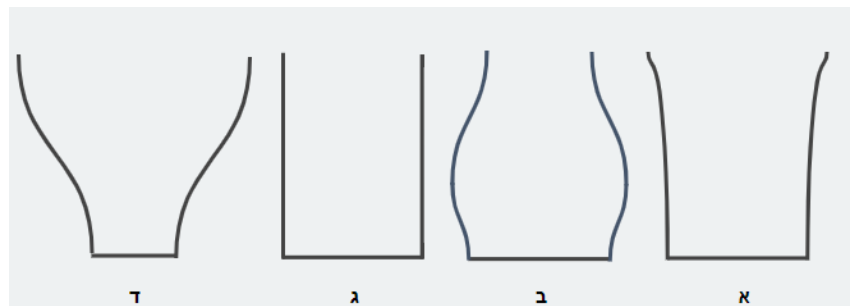
בטעות השארתם את הפח בחוץ אחרי שרוקנתם אותו, והבריכה ריקה. שני המיכלים בגובה זהה

הערה: מאחורי השאלה מוחבאת ההבנה כי כמות הגשם היורד בכל זמן נתון של גשם היא זהה בכל השטח ולכן שני הכלים שהינם באותו הגובה יתמלאו באותו הקצב ולכן יתמלאו יחד, כיוון שהמרכיב של השטח מתבטל.

ג. בשאלה הבאה אנו נעסוק באותו העניין מכיוון אחר. נתונים מספר חתכים עקרוניים של כלים, ולמרות שהצהרנו שכל הנפחים זהים, ביקשנו הפעם שהתלמידים יבחרו את הכלי המתאים ביותר למדידת גשם.

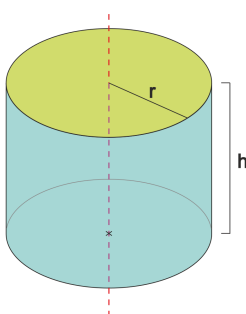
נתונים לנו ארבעה מיכלים בעלי נפח זהה.

נסו לשער איזה מיכל הוא המתאים ביותר למדידת גשם? הסבירו



הערה: המתאים ביותר הוא ג' כי הדפנות שלו ישרות. כמות המים שנכנסת אליו מתחלקת שווה על פני גובה המיכל שלא כמו בא', ב', וד'

מדידות גשם - הסבר [10 דק']



ראינו שגשם ממלא מיכלים בעלי שטח שונה וגובה זהה באותו הזמן. מכאן ניתן להסיק שהפרמטר של השטח מתבטל כיוון שהגשם יורד על כל השטח בו **זמנית**.

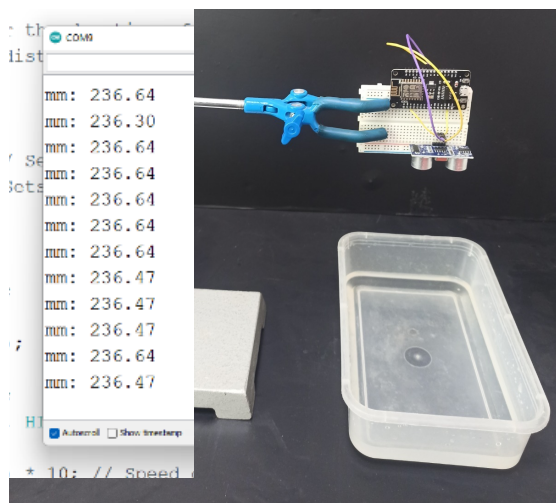
בנוסף, הסקנו שכדי להקל על המדידה, כדאי שדפנות הכלי יהיו

ישרות, כיוון שבצורה כזו הנפח ליחידת גובה נשאר עקבי לעומק כל המיכל. בצורה זו ניתן למדוד את עומק המים במיכל במ"מ, וזו גם הסיבה שכאשר החזאי מדבר על כמות הגשם הוא מדבר על מ"מ ולא על נפחים.

סוגים של מדי גשם

מדי הגשם הראשונים (ועדיין נפוצים מאוד בשל העלות הזולה שלהם) הם מיכלים ועליהם שנתות. עם השנים הטכנולוגיה השתפרה והומצאו מדים מכאניים שמתעדים את כמות הגשם ועד לזמן הנוכחי שבו מדי גשם אלקטרוניים כבר זולים ואמינים מספיק, ואפילו אמינים יותר ממדי הגשם הלא אלקטרוניים.

חוזרים לחיישן האולטראסוני [15 דק']



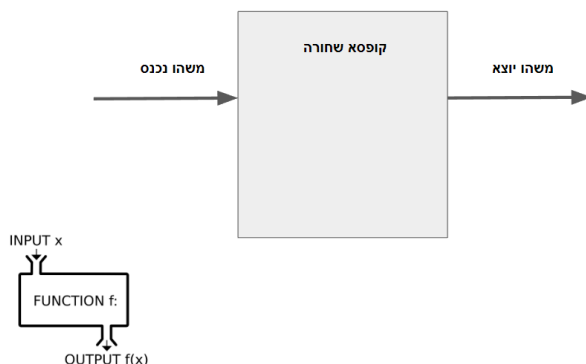
כעת, חזרו אל החיישן האולטראסוני, פתחו את המסך הסיריאלי, והתבוננו על המדידה המתקבלת כל שניה. (כדאי ברגע זה שתהיה גם מערכת מחוברת למחשב עם המקרן כדי שכולם יראו את המסך הסיריאלי)

שאלות לדיון:

- האם הערך המתקבל יציב?
- עד כמה זה משמעותי למדידת גשם שהערך יהיה יציב?
- כל זוג יבחר עשר מדידות רציפות. כתבו אותם על דף. זוהי תמונת מצב ממוצעת של המערכת.
- האם עשר המדידות הללו עקביות ויציבות?
- בהנחה שהחיישן תקין, ובכל זאת תתבקשו להכריע לאיזה מספר להתייחס כערך הנמדד הנכון של גשם בכלי מד הגשם, נסו לחשוב על דרך להכריע מתוך עשר המדידות על הערך הנכון.

על פונקציות וקופסאות שחורות א' [10 דק']

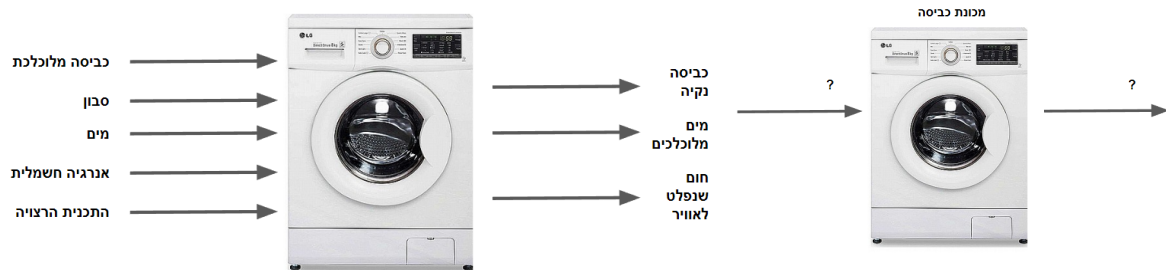
בתחומים רבים בחיינו אנחנו משתמשים במערכות שלהם אנו מכניסים מידע או חומר, מתוך ציפיה שביחס למה **שנכנס** תהיה תוצאה צפויה במוצא. המושג פונקציה משמש אותנו במתמטיקה ובתכנות (בתכנות לעיתים קוראים לפונקציות שגרות, פונקציה = שגרה) אך באופן רחב יותר, הלוגיקה הזו מאפיינת פעולות רבות שאנו עושים, גם כאשר ברוב המוחלט של המערכות אנחנו לא מבינים לפרטי פרטים את המערכת שאנו עובדים איתה.



ללב פונקציה שבה אנו משתמשים אבל לא מבינים כיצד היא עובדת, נקרא בתחום הנדסת מערכות **קופסא שחורה**. זאת אומרת, אנו יודעים מה נכנס למערכת, אנו יודעים מה אנחנו מצפים שיצא בצד שני, וכאשר המנגנון הפנימי שהופך את מה שנכנס למה שיוצא לא ידוע לנו - זוהי קופסא שחורה. הרעיון הזה מאפשר לנו להשתמש בפונקציות שאחרים כתבו או בנו עבורנו.

(שאלה לתלמידים ולתת להם רגע לנסות להבין)

לדוגמא, אם מכונת כביסה היא פונקציה - מה נכנס לפונקציה? (חומר - כביסה מלוכלכת, סבון ומים; אנרגיה - חשמל; ומידע - התכנית הרצויה) ומה מתקבל? (כביסה נקיה, מים מלוכלכים וחום שנפלט לאוויר)

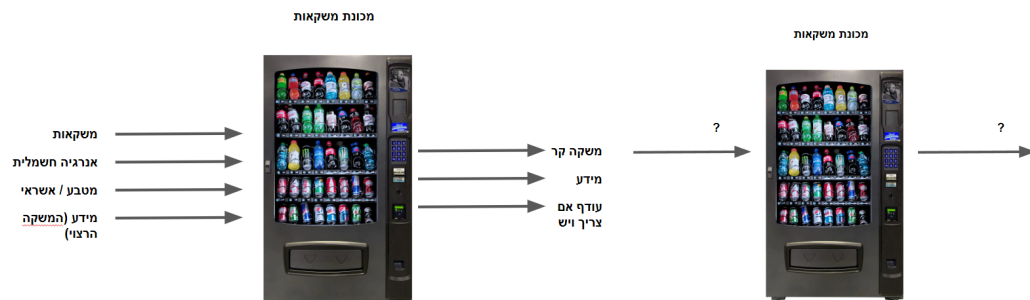


תרגיל אישי - מכונת המשקאות [10 דק']



נותנים לכל תלמיד לנסות ולפרוט בעצמו למשך כמה דקות את הכניסות והמוצאים של הפונקציה שנקראת מכונת המשקאות. מבקשים מתלמידים שונים להציג, ומנסים לאסוף על הלוח את כל הרעיונות שלהם.

(התלמידים יפרטו את הכניסות והיציאות של מכונת המשקאות בהרמת יד, ואז המורה יחשוף את השקופית שמפרטת את הכניסות והיציאות שהכנו מבעוד מועד, כדי לסכם את התרגיל).



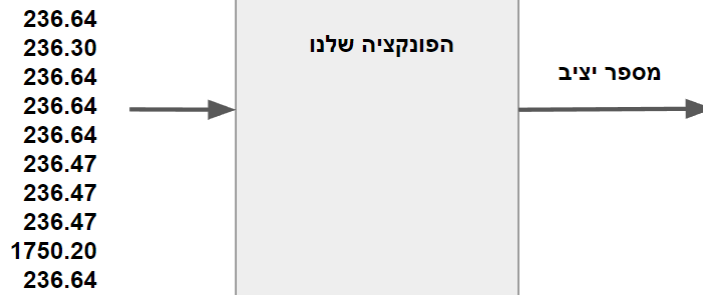
על פונקציות וקופסאות שחורות ב' [5 דק']



אם כך, כעת לאחר שהבנו את הרעיון שמאחורי המושגים פונקציה, וקופסא שחורה (פונקציה שאנחנו סומכים עליה אבל לא יודעים איך היא עובדת), כל זוג ינסה להציע את הרעיון שפיתח לצורך הכרעה על המדידה הנכונה מתוך עשר מדידות רצופות של חיישן המרחק. נסחו את ההצעה באמצעות המושגים כניסה ומוצא של הפונקציה. מה תזינו לתוך הפונקציה, מה הפונקציה תעשה (גם אם אתם לא יודעים בדיוק איך, קופסא שחורה) ומה ייצא בצד השני, במוצא.

הערה: את הרעיון כבר צריך להיות להם מהשאלה האחרונה בסעיף "חוזרים לחיישן האולטראסוני. כעת הם רק צריכים לנסח אותו כפונקציה.

עשר מדידות



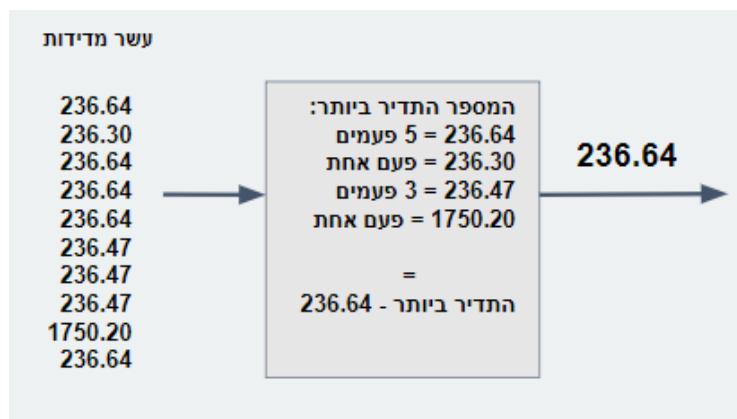
פונקציה לתיקון זיוף [10 דק']



כאשר החיישן מזייף, נקבל מדי פעם קריאת Spike, מדידה אחת שהיא שונה משמעותית מהמדידות האחרות. במקרה של הדוגמא שלנו, זו היא המדידה התשיעית - 1750.20. ברור לגמרי שבעוד שפני המים נמצאים בערך כ-23.6 ס"מ מתחת לחיישן, המדידה התשיעית, שמציגה בפנינו נתון שגוי בצורה משמעותית - שפני המים בכלי הם במרחק של 175 סנטימטר מתחת לחיישן, היא זיוף של החיישן.

בלי לנסות להסביר מדוע זה מתרחש, אנו רואים שרוב רובן של המדידות נעות בקירוב גבוה סביב ערך מסוים (במקרה של הדוגמא סביב הערך 236.64) ולכן נרצה קודם כל לסנן את הזיופים החוצה.

לצורך זה נשתמש בפונקציה שנקרא לה "התדיר ביותר²". אנו נזין לתוכה 10 מדידות. הפונקציה תספור את המופעים של כל ערך מתוך העשר, כלומר - כמה פעמים המדידה 236.64 מופיעה, כמה פעמים המדידה 236.30 מופיעה, וכן הלאה, ותחזיר כמוצא את הערך שמופיע הכי הרבה פעמים.



טעינת הפונקציה לתיקון הזיוף - התדיר ביותר [15 דק']



```
Most Frequent: 146.71
1: 146.71
2: 863.00
3: 146.71
4: 146.71
5: 146.71
6: 146.71
7: 146.71
8: 146.71
9: 146.71
10: 146.71
Most Frequent: 146.71
```

```
8: 146.71
9: 146.71
10: 146.71
Most Frequent: 146.71
1: 146.71
2: 863.00
3: 146.71
4: 146.71
5: 146.71
6: 146.71
7: 146.71
```

התלמידים יעתיקו את הקוד שמכיל את הפונקציה לתיקון הזיוף [מהקישור לGithub](#) ויעלו אותו למערכת כמו שעשו בשלבים הקודמים.

n/2.usensor-filer-by-10-most-frequent.ino

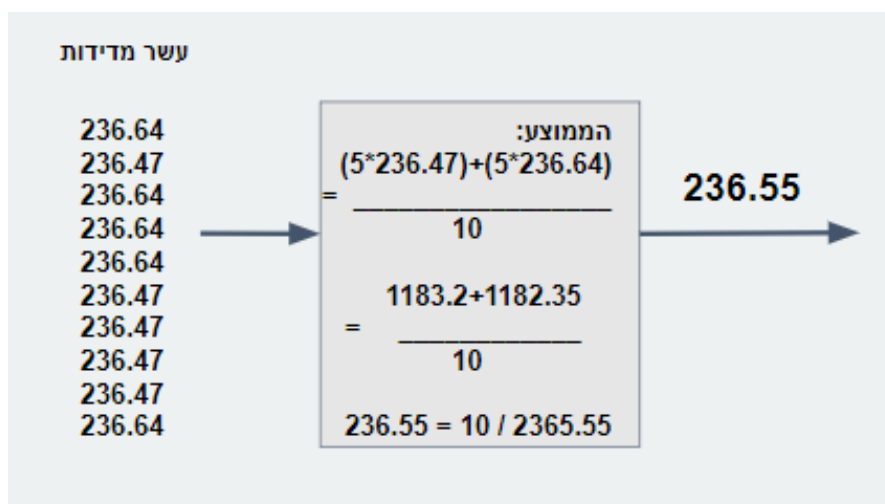
לאחר ההעלאה התלמידים יפתחו את המסך הסיריאלי, ויבחנו האם הפונקציה עשתה את עבודתה נאמנה בניטרול הקפיצות הגבוהות שלהן קראנו זיופים.

פונקציה לתיקון פיזור [10 דק']



כעת, אם נסתכל על התוצאה המתקבלת, נוכל לראות שסיננו את הקפיצות, את הזיופים, אך עדיין הערך אינו יציב. נראה כאילו הפונקציה לתיקון זיוף לא השפיעה על ההתפזרות, העובדה שמתוך 100 מדידות (10 ערכים שהתקבלו מפונקציית תיקון הזיוף) עדיין אפשר לראות התפזרות, מעידה על כך שעוד לא השלמנו את המשימה: עלינו להכריע איזה ערך מביע עבורנו את הערך הנכון.

הפונקציה לתיקון פיזור תהיה ממוצע³ שסוכמת את כל המספרים ומחלקת בכמות המדידות. בצורה כזו אנו משתלטים על פיזור הערכים ומקבלים יציבות רבה יותר, התקרבות אל מרכז ממוצע, לאורך זמן המדידות.



³ <https://github.com/asafchoo/rainmeter/blob/main/3.usensor-filer-by-10-and-take-avrage.ino>



טעינת הפונקציה לתיקון הפיזור [15 דק']

Most Frequent: 146.71
1: 146.71
2: 863.00
3: 146.71
4: 146.88
5: 146.71
6: 146.71
7: 146.71
8: 146.71
9: 146.71
10: 146.71
Most Frequent: 146.71
1: 146.71
2: 863.00
3: 146.71
4: 146.88
5: 146.71
6: 146.71
7: 146.71

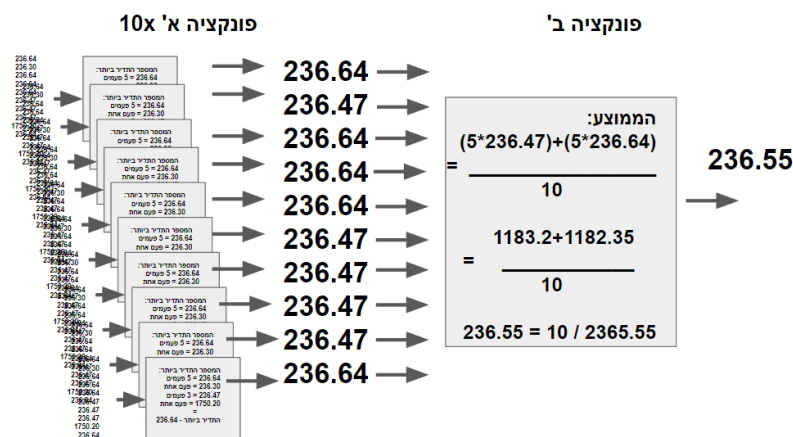
התלמידים יעתיקו את הקוד שמכיל את הפונקציה לתיקון הפיזור מהקישור Github ויעלו אותו למערכת כמו שעשו בשלבים הקודמים.

לאחר ההעלאה התלמידים יפתחו את המסך הסיריאל, ויבחנו האם הפונקציה עשתה את עבודתה נאמנה בניטרול הפיזור של המדידות. הצלחה תחשב עם ברוב המוחלט של המדידות תתקבל תוצאה עקבית.

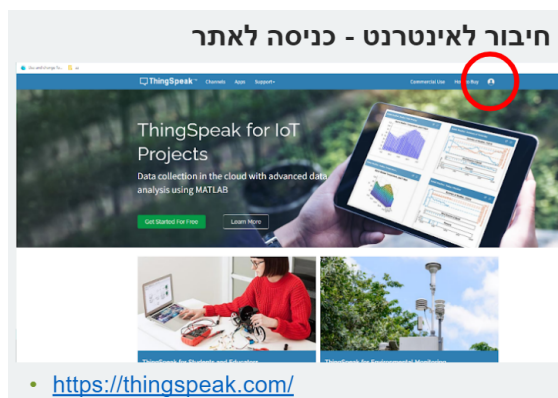


סיכום שלב הפונקציות [5 דק']

כאשר שתי הפונקציות פועלות בזו אחר זו, אנו מקבלים תוצאה מיטיבה של סינון רעשים, או קפיצות, וממוצע של הערכים שנשארים אחרי הסינון. התוצאה המתקבלת תהיה ערך יציב (במידה רבה יותר) של גובה פני המים מהחיישן.



חיבור לThingspeak דרך האינטרנט [30 דק']



התלמידים יעקבו אחר ההוראות במצגת, ויתחברו לשירות thingspeak. השירות ניתן חינמי בתצורת השימוש שבו אנו עובדים וכל מה שנחוץ הוא חשבון דוא"ל פעיל. ניתן לחסוך מהתלמידים, אם קיים צורך, את ההרשמה ויצירת הערוץ Thingspeak, ואף את התקנת הספריות הנדרשות, ככ, וכך.

ההתחברות לשירות שמוצגת כאן זהה לזו שמוצגת במצגת לתלמידים.

1. כניסה לשירות על ידי לחיצה על הקישור -

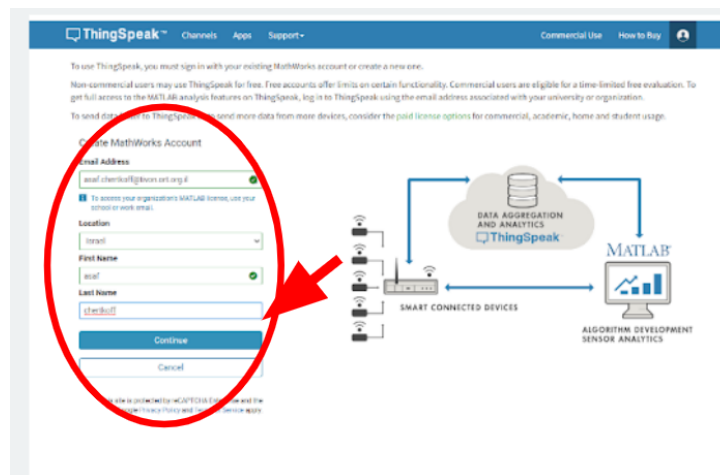
<https://thingspeak.com>

2. לחיצה על האייקון של האווטר בצד ימין למעלה.

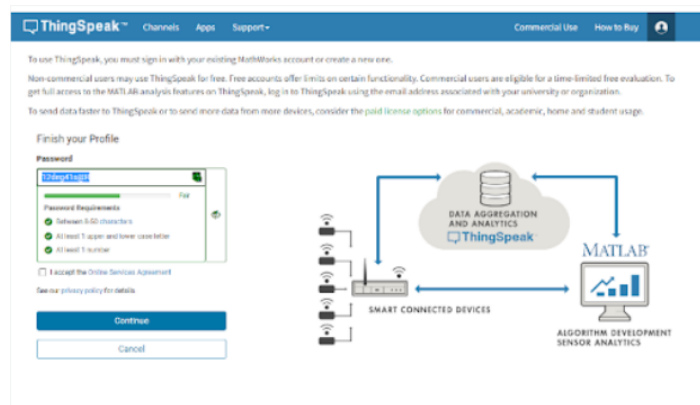
3. לחיצה על No Account? Create One



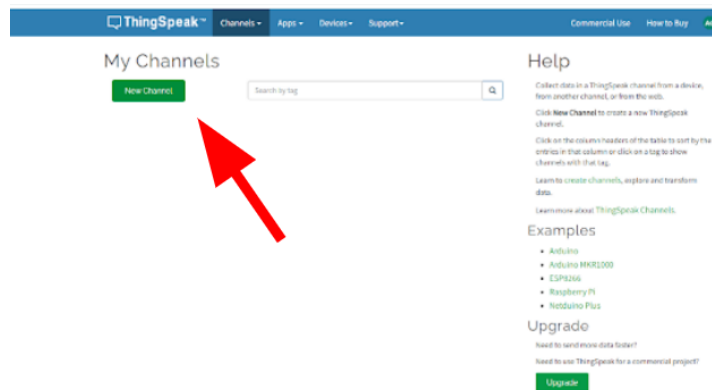
4. מלאו את הפרטים האישיים לפי הטופס, ואשרו את ההודעה שתשלח לדואר האלקטרוני שלכם



5. בחרו סיסמא שתזכרו לפעמים הבאות, ורשמו אותה במקום בטוח



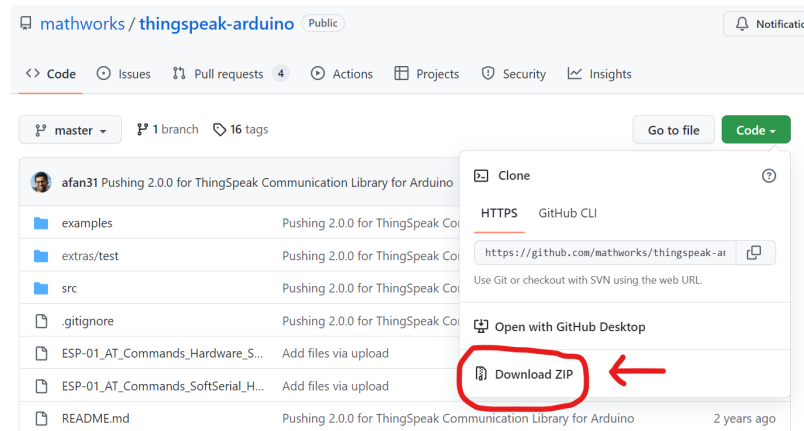
6. הכנסו לשירות וצרו ערוץ על ידי לחיצה על הכפתור הירוק הגדול העונה לשם "New Channel"



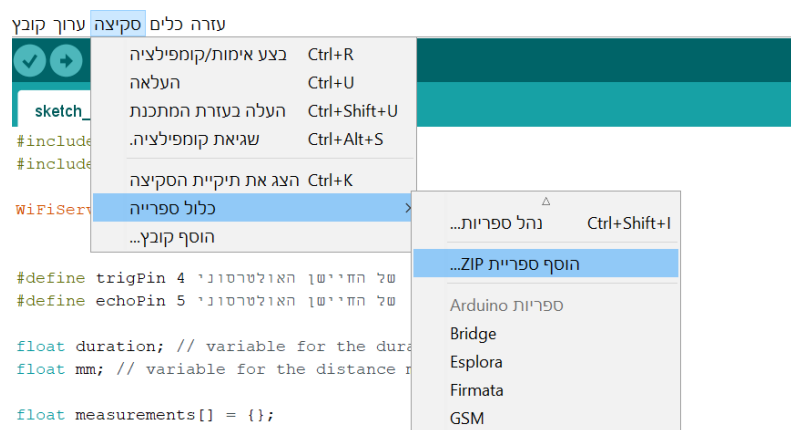
7. שמו של הערוץ יהיה Rainmeter והיחידות בשדה הראשון (Field 1) הן מ"מ, או באנגלית mm

8. כעת לחצו על הכפתור הירוק הגדול למטה עם הכיתוב "Save Channel"

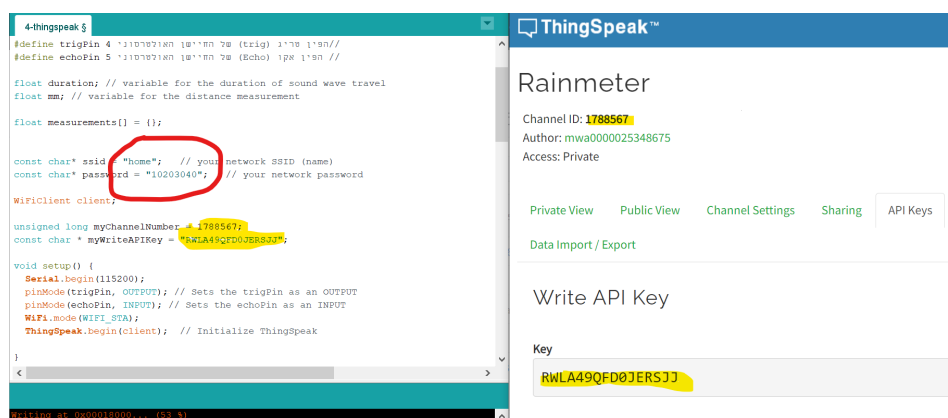
9. כעת נוריד את הספריית הרלוונטיות ונטען אותן בסביבת Arduino IDE. גשו <https://github.com/mathworks/thingspeak-arduino> לקישור זה, לחצו על הכפתור הירוק "Code", ואז על "Download Zip".



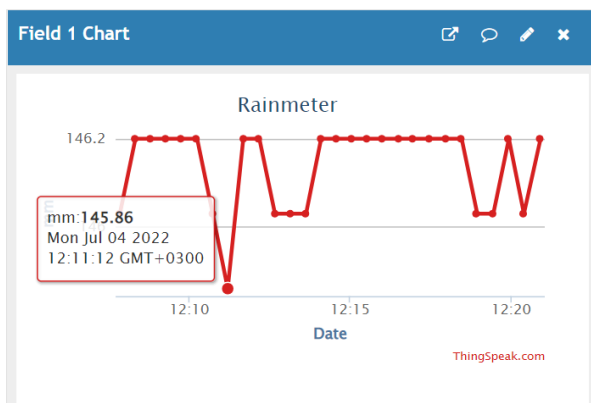
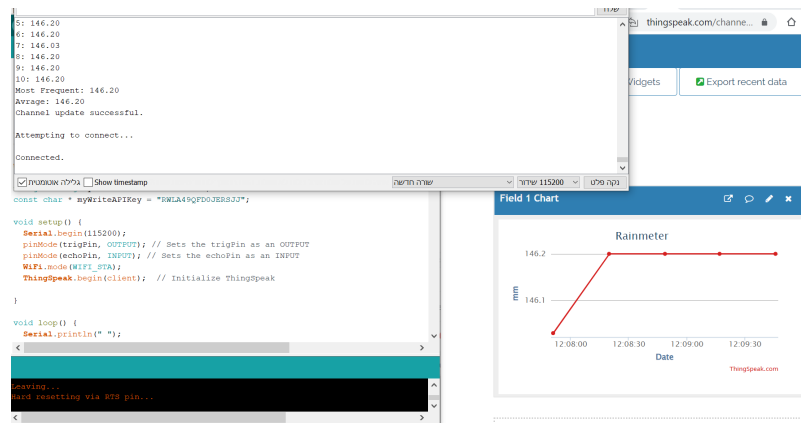
10. ב Arduino IDE בחר בסקיצה << כלול ספרייה >> הוסף ספריית Zip



11. באתר Thingspeak נלחץ על הלשונית "API Keys", ונעתיק את מספר הערוץ ואת מפתח הקריאה לתוך הקוד שלנו. בנוסף נזין את שם רשת הwifi והסיסמא



12. נעלה את הקוד⁴ ונבחן את התוצאה. אם הכל עובד כשורה, נראה במסך הסיריאל את המדידות והפונקציות עובדות ואז את המערכת מנסה להתחבר לthingspeak. בלשונית "Private View" יתחיל להופיע גרף.



דיון בתוצאות [15 דק']

אם נותנים למערכת קצת זמן לבצע מדידות, ללא תוספת מים בכלי, כאשר נתבונן על הגרף לאחר כמה דקות נוכל להסיק כמה מסקנות.

1. ניתן להבחין בכמות המדידות. המערכת "לוקחת" מדידה בכל 10 שניות בערך. תדירות מדידה שכזו אינה נחוצה כאשר אנו מודדים גשם. מדוע?

בדרך כלל, רוב מדידות הגשם מתייחסות אך ורק לכמות היממתית, שנמדדה ב-24 שעות. נתונים יותר מדויקים פשוט אינם נחוצים לרוב השימושים המקובלים, קרי תחזית מזג האוויר או ניטור לצרכים חקלאיים.

מה גם שאם ברצוננו שהמערכת תוכל לעבוד באמצעות סוללה, נצטרך לדאוג להפחית למינימום את צריכת החשמל של המעבד.

2. יחד עם כל פונקציות הסינון שבצענו, עדיין ניתן להבחין בטווח שמתקבל, כשבדוגמא כאן הטווח הוא פחות ממילימטר אחד בין נקודת המינימום למקסימום, ובכל זאת - מ"מ 1 הוא לעיתים כל מה שיורד ביממה, לכן נשאף לרמת דיוק גבוהה יותר.

3. שימו לב שהמדידה צריכה להתהפך. כאשר מודדים את עומק המיכל המדידה היא מקסימלית, וככל שמים יתחילו להיכנס למד הגשם, הערך יקטן. אנחנו מודדים את הערך מתחתית המיכל, ואצל כל אחד מהקבוצות הערך יהיה שונה כיוון שגובה החישן מרצפת המיכל אינה זהה לחלוטין, בטח שלא במערכת הניסוי, וגם לא במד הגשם הסופי.

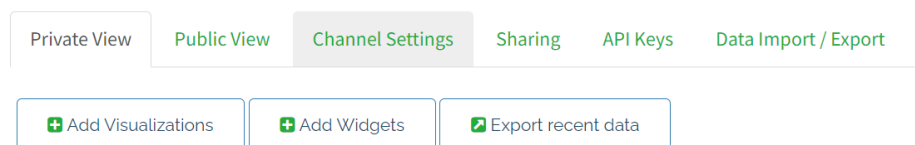
⁴ <https://github.com/asafchoo/rainmeter/blob/main/4:thingspeak>

היפוך ה-0 במערכת המדידה [20 דק']



לאחר מספר מדידות כבר ניתן להבחין בערך שהוא המרחק המקסימלי בין החיישן שלנו לרצפת המיכל. במצב אידיאלי הערך הזה יהיה זהה בין כל החיישנים. אבל בפועל יתכנו מיכלים בגבהים שונים עקב אי דיוק בחיתוך, וחיישנים עם סטיות במדידה. מכיוון שאנחנו שואפים למדוד גובה מים אנחנו בעצם מודדים את המים שמתקרבים אלינו מנקודת האפס, שהיא גובה המיכל.

נתחיל בלנתק את החיישן מהמחשב (להוציא את כבל הUSB), ולאפס את הטבלאות בthingspeak. נלחץ על Channel Settings



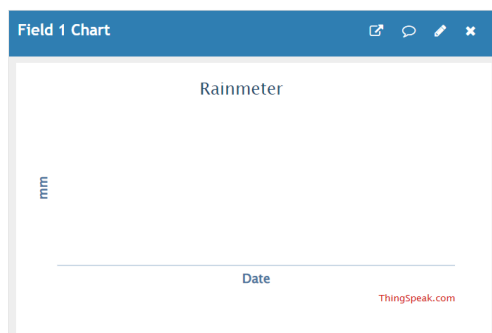
Channel Stats

Created: 5 days ago
Last entry: less than a minute ago
Entries: 345

נגלול למטה ונחפש את הכפתור עליו כתוב "Clear Channel". נלחץ עליו ונאשר את האיפוס.

Want to clear all feed data from this Channel?

Clear Channel



אם הכל התנהל קשורה, כשנחזור לPrivate View נוכל לראות שאין יותר ערכים בטבלה, מה שאומר שהטבלה התאפסה יחד עם כל הערכים הישנים.

כעת נחבר את הבקר חזרה למחשב, ונתבונן על הערכים הבולטים ביותר במדידת החיישן. אפשר להוציא ולהחזיר את כבל הUSB מהבקר כמה פעמים, כדי לוודא שהחיישן נשאר על אותה הקריאה לאורך כמה הפעלות רצופות. כשמצאנו את המספר אנו נגדיר אותו בתוך הערך floats zeroing.

```
float duration; // variable for the duration of sound wave travel
float mm; // variable for the distance measurement
```

```
float measurements[] = {};
```

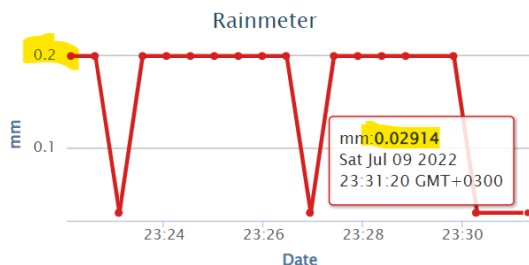
```
const char* ssid = "home"; // your network SSID (name)
const char* password = "10203040"; // your network password
```

```
const float zeroing = 146.71; /* כאן מדביקים את המספר שהחיישן חודר כגובה המיכל הריק */
```

אז נוסף, את השורות הבאות לפני שאנו שולחים את הערך למסד הנתונים, שבעצם מפחיתות את הערך הנמדד מהערך שנמצא בzeroing. בהנחה שהמיכל ריק, ונמדד הערך שכתוב בzeroing, התוצאה תהיה 0 כי אין מים במיכל. במידה ונכנסו 2 מ"מ גשם, המדידה תראה 2 יחידות פחות, וההפרש יהיה 2. והנה הפכנו את מדידת המרחק מהתחתית למדידת גובה המים.

```
float sendvalue = zeroing - calculateavrage(10); /* איפוס המדידה = הפחתת הערך הנמדד מהערך שמתאר את האפס, ובכך נקבל את הגובה האמיתי של הטול */
if (sendvalue < 0) sendvalue = 0; /* אם משום מה המדידה יצאה נמוכה מאפס, תשווה לאפס (כי אין מינוס משקעים) */

int x = ThingSpeak.writeField(myChannelNumber, 1, sendvalue, myWriteAPIKey);
if(x == 200){
    Serial.println("Channel update successful.");
    Serial.println("Uploaded" + String(sendvalue,2)); /* thingspeak את הערך שהעלה ל */
} else {
    Serial.println("Problem updating channel. HTTP error code " + String(x));
}
}
```



ואז נוכל להבחין בגרף באתר כי הערכים קעת נעים סביב 0 באמת. זאת אומרת, החסרנו את קבוע המדידה הריקה שלנו מהמדידה עצמה, וכל עוד לא הוספנו שום מים לכלי, החיסור הזה מביא אותנו מאוד קרוב ל0. השורה if (sendvalue < 0) sendvalue = 0 דרושה על מנת לדאוג שלא יהיה ערך שלילי.

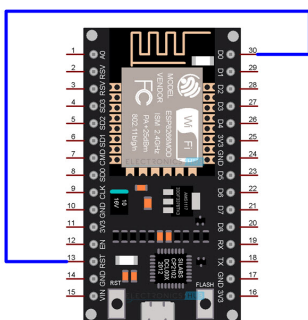
הקוד כולו מצוי כאן:

https://github.com/asafchoo/rainmeter/blob/main/5:zeroing_values

הפחתת צריכת החשמל ומדידת גשם יומית [20 דק']

בסופו של דבר המערכת שלנו תעבוד על סוללה. מבלי להלאות בחישובי צריכת אנרגיה, אנו יודעים שאנו רוצים למדוד פעם ביממה (נניח ב00:00) את כמות המשקעים שירדו באותה יממה, ובשאר הזמן המערכת שלנו צריכה להכנס למצב שינה. את זה קל להשיג יחסית על ידי הוספת הפקודה ESP.deepSleep(864e8); ; ממש בסוף הלולאה שלנו.

deepSleep היא פונקציה רשומה בספריות של הבקר שלנו, והיא מאפשרת לכבות את המערכות לרמת של צריכת אנרגיה רגעית נמוכה מאוד. המספר 864e8, מציין מיקרושניות, שהן 86400 שניות שהן 24 שעות. כך שאם נדליק את



המערכת בדיוק ב- 23:59, המערכת תכבה את עצמה אחרי המדידה ותפתח את עצמה רק כעבור 24 שעות. כדי לעשות זאת עלינו לחבר בחוט נקבה-נקבה את הפין (D0 (gpio16 לפין RST. בצורה כזו המערכת יכולה להעיר את עצמה בתום השינה שהוגדרה מראש.

חשוב: בשלב הבדיקות כדאי להשאיר את הערך שכתוב בDeepSleep ב120e6, מה שמציין שתי דקות בלבד, ולא 24 שעות. במצב זה אפשר יהיה לבדוק שהמערכת עובדת, ולכשתחליטו שהכל בסדר, ניתן יהיה לשנות את הערך ל864e8.

זה טוב ויפה, אבל יוצר בעיה חדשה, מאחר והערכים שלא שמרנו, מתאפסים לחלוטין. לכן עלינו ליצור מצב שבו בכל פעם שהמערכת "מתעוררת", היא יודעת מה הייתה המדידה האחרונה לפני 24 שעות.

אז עלינו ליצור עוד ערך במסד הנתונים שלנו בthingspeak, שישמור את המדידה של גובה המדידה האחרונה, ואז נוכל לחשב כמה משקעים ירדו מהמדידה הנוכחית.

Private View Public View Channel Settings Sharing API Keys Data

Channel Settings

Percentage complete 30%

Channel ID 1788567

Name Rainmeter

Description

Private View

Public View

Channel Settings

Sharing

API Keys

Data

Field 1

Field 2

Write API Key

Key

RWLA49QFD0JERSJJ

Generate New Write API Key

Read API Keys

Key

QEVY6L5CKS7CU4SH

את התשובה שמתקבלת אחרי העברה של מידע - אם הצליחה העברה או נכשלה.

```
unsigned long myChannelNumber = 1788567;
const char * myWriteAPIKey = "RWLA49QFD0JERSJJ";
const char * myReadAPIKey = "QEVY6L5CKS7CU4SH";
int statusCode = 0;
```

לצורך זה נכנס למערכת thingspeak ותחת Channel Settings נלחץ על תיבת הסימון של Field 2 ונקרא לערך Lastvalue.

כעת יש לנו ערך שני שמחכה שנכתוב לתוכו את המדידה האחרונה שהתבצעה לפני שייילך לישון.

כדי להתחיל לקרוא מערך בתוך thingspeak, אנחנו צריכים להוסיף לקיד ועליו את מספר הקריאה

את מפתח הקריאה נוסין הכתיבה ונוסיף גם הגדר בשם statusCode, שבו

```

61 float sendvalue = zeroing - calculateavrage(10);          /* האמיתי של הנוזל
62
63 if (sendvalue < 0) sendvalue = 0;                          /* מינוס משקעים)
64 float temp = ThingSpeak.readIntField(myChannelNumber, 2, myReadAPIKey );
65
66 statusCode = ThingSpeak.getLastReadStatus();
67 if (statusCode == 200) {                                   /*thingspeak האחרונה
68     if ((sendvalue) > temp+1){                               /* ם ועוד מ"מ אחד - מניעת זליגה
69         int dailyamount = sendvalue - temp;                /* סור של הערך החדש מהערך הקודם
70         temp = sendvalue;                                  /* ר נדע שזה הערך האחרון שמדדנו
71         ThingSpeak.setField(1,dailyamount);                /* יומית לשדה מספר 1 בthingspeak
72         ThingSpeak.setField(2,temp);                        /* ו לשדה מספר שתיים בthingspaek
73         int x = ThingSpeak.writeFields(myChannelNumber, myWriteAPIKey); /*
--

```

אז אם בקוד שלנו בשורה 61 אנחנו הופכים את המדידה ממרחק לגובה מים במיכל (ראו סעיף קודם) ואז בודקים שהתוצאה לא קטנה מאפס בטעות (שורה 63)

השלב הבא בשורה 64 הוא לקרוא את הערך האחרון שהועלה Lastvalue. בהנחה שהכל בסדר (שורה 66, 67) המערכת תבדוק אם מה שמדדה עכשיו גדול ביותר ממ"מ ממה שהיה מאוחסן בLastvalue (שורה 68).

אם כן, בשורה 69 נעשה בדיקה של כמות המשקעים היומית ונזין אותה למשתנה dailyamount. בשורה 70 נשלח את הכמות לערך מספר 1 בthingspeak, ובשורה 71 נשלח את המדידה הנוכחית כדי שנזכור אותה לפעם הבאה שהמערכת תתעורר.

בהנחה שהכל עבר קשורה, נעלה את הקוד אחרי האיפוס של המערכת, ונרוקן את המים בכלי.
הערות לשלב זה:

1. אל תשכחו להזין במשתנה zeroing את הגובה הנמדד במערכת שלכם

2. אל תשכחו להזין בפונקציה ESP.deepSleep() את הביטוי 120e6, מה שאומר שהמערכת תתעורר כרגע כל שתי דקות. אם הכל יעבוד קשורה, נשנה ל864e8.

3. בזמן העלאת הקוד לבקר יש לנתק את הכבל שמקצר בין D0 לבין RST, אחרת הקוד לא יעלה. מצד שני אם לא תחברו אותו חזרה אחרי ההעלאה הבקר לא יצליח להתעורר מהשינה.

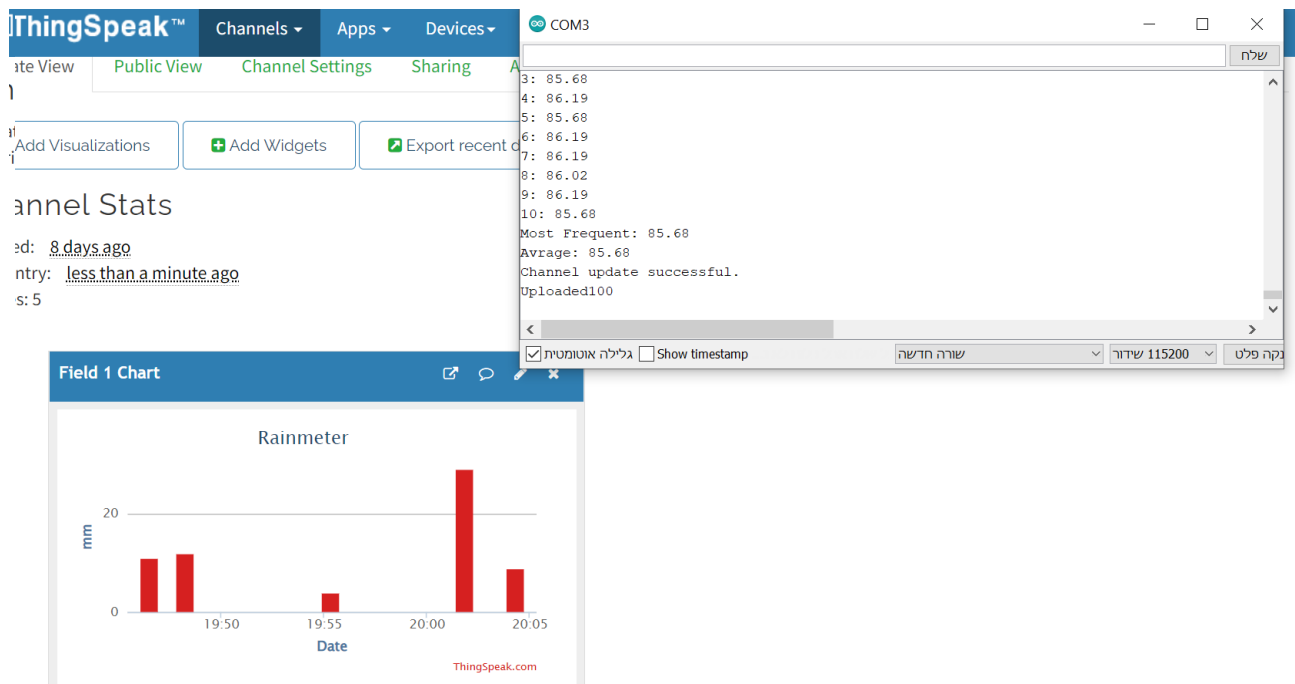
הקוד נמצא כאן במלואו:

<https://github.com/asafchoo/rainmeter/blob/main/6:saving%20last%20mesurment%20%26%20timing%20for%2024%20hours>

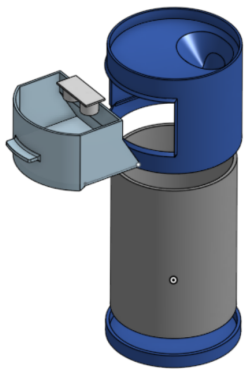
אז נראה את התוצאה הבאה:

כל עוד לא השתנה כלום בגובה המים נראה גם במסך הסיריילי וגם בthingspeak, שאין שום שינוי. המסך הסיריילי יודיע לנו שלא היה שום שינוי כדי להעלות אותו לכן כלום לא השתנה.

אם נוסיף מים בין המדידות, נראה את המערכת שלנו מעלה את ההפרש, בכל פעם את ההפרש מן הפעם הקודמת. אם לא היה שינוי, המערכת לא תעלה את המידע הנמדד. בהנחה שבהצבת מד הגשם נדאג שהמערכת תמדוד פעם 24 שעות (רצוי באזור חצות, כדי לקבל את הערך היממתי הרצוי), וכך נקבל בגרף שלנו את הכמות היומית.



חישוב גובה צינור מד הגשם [10 דק']



החומרה והתוכנה מוכנות ונותר לנו לדאוג רק למארז מד הגשם לפני שנוציא אותו לגשם. רוב חלקי מד הגשם מודפסים במדפסת תלת מימד. הצינור המרכזי הוא החלק הפלסטי היחיד שאינו מודפס. אנו משתמשים כאן בצינור ביוב 4 צול.

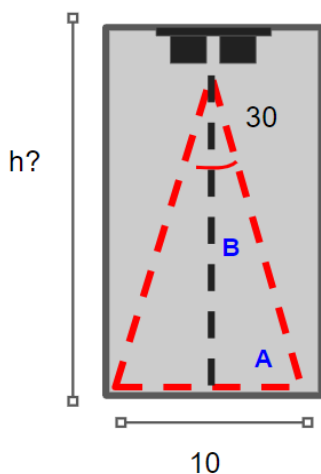
מה גובה הצינור המקסימלי? ובכן. נחזור לרגע לחיישן האולטרסוני. חיישנים אולטרסוניים סטנדרטיים משדרים את גל הקול שלהם בזווית של בין 10 ל 15 מעלות. ניתן לשער שאם הם יתקלו בקירות הצינור, ייווצר רעש, החזר מקירות הצינור, שאותו אנחנו לא מעוניינים למדוד, ולכן עלינו להימנע מכך.

קוטר הצינור המדובר הינו 10 ס"מ בקירוב.

אם נשתמש בטריגונומטריה פשוטה על מנת לבטא את גובה הצינור, נמצא כי גובה הצינור המקסימלי האפשרי הוא 18.7 ס"מ בקירוב. על מנת להמנע מתקלות אפשריות כדאי להפחית את גובה הצינור ל 16" ואולי אפילו 15 ס"מ.

למורה: את כל קבצי התלת מימד ניתן להשיג [ממסמך זה](#), או להדפיס ישירות את הקבצים עצמם:

1. [בסיס](#)
2. [מגירה](#)
3. [מכסה](#)



$$\tan(15) = A/B$$

$$0.267 = 5/B$$

$$0.267 \cdot B = 5$$

$$B = 5/0.267$$

$$B = 18.72$$



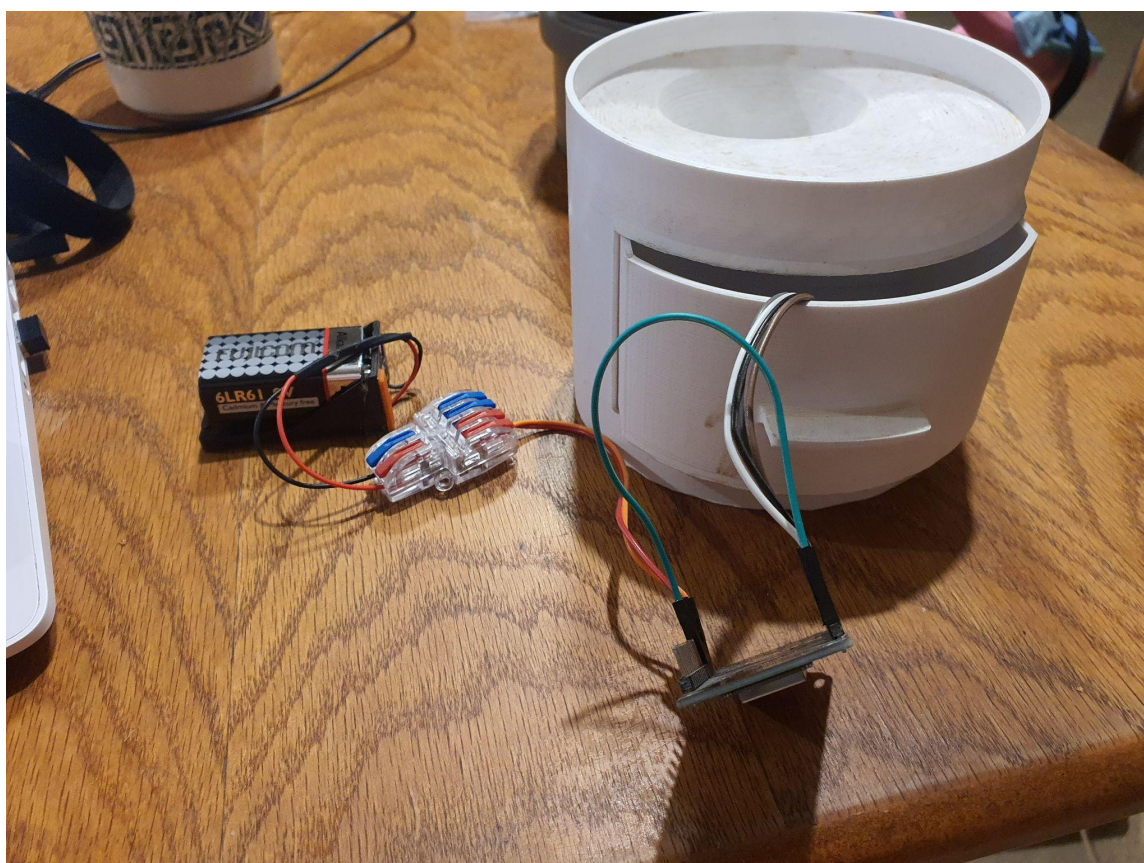
הרכבת מד הגשם העצמאי ובדיקתו [20 דק']



הרכבת החלקים של מד הגשם מסבירה את עצמה. בתוך המגירה יאוחסנו כל רכיבי המערכת, כאשר המקלט והמשדר של חיישן המרחק יושחלו לתוך החורים שלהם בתחתית המגירה.

נחבר את המעגל כולל הסוללה, ונכניס פנימה לתוך המגירה. מכיוון ששינינו רגע לפני שהכנסנו את משך השינה ל-24 שעות, נראה רק הזנה בודדת למערכת. במקרה הכי גרוע נראה אותה תוך 20 ומשהו שעות.

לאחר שהוספתם קצת מים, אם תוך 24 שעות, לא ראיתם אף מידע חדש בטבלה ב-thingspeak, כדי לבדוק האם הבקר עובד, אם לא התנתק חוט או שלא קיצרת איכשהו את המעגל כשהכנסתם לקופסא... לדוגמא.



הגברה מכאנית [15 דק']



ועדיין, יכול להיות שאחרי כל זה, נרצה להגביר את הדיוק של המערכת עוד יותר. אם נחשוב על זה, ונניח לרגע שלחיישן שלנו יש סטיה של מילימטר. אם ירדו 3 מ"מ, ויש לנו סטיה של מילימטר, יכול להיות שהחיישן יודיע לי כל דבר בין 2 מ"מ ל-4 מ"מ וזאת סטייה מאוד גדולה כשירדו רק 3 מ"מ. אבל מה אם יורדים 50 מ"מ והסטייה נעה בין 49 ל-51? זה כבר נשמע יותר טוב. מצד שני, יש לנו בעיה. רוב הגשמים שלנו, חוץ מכמה סופות בודדות, מסתכמים ב-3-5 מ"מ.

ישנה דרך להתגבר על הבעיה. בהגדלת שטח הפנים של קולט הגשם, תוך כדי שהמיכל נשאר באותו הגודל, אנו קולטים יותר משקעים. לייתר דיוק, שטח הצלחת גדול פי 3, ולכן אנחנו קולטים פי 3 משקעים. בצורה כזו המדידה האלקטרונית שלנו תהיה פי שלוש יותר מדויקת, כיוון שאנו מתרחקים מטווח הטעות של החיישן. כמובן שאת התוצאה של מדידת גובה המים במיכל נחלק בשלוש כדי לדעת כמה באמת משקעים ירדו.

ניתן לכנות את הפעולה שבצענו כאן, בהגדלת הצלחת בשטח ידוע, כהגברת האות. האות הנקלט הוא משקעים, והמגבר הוא הצלחת.

