

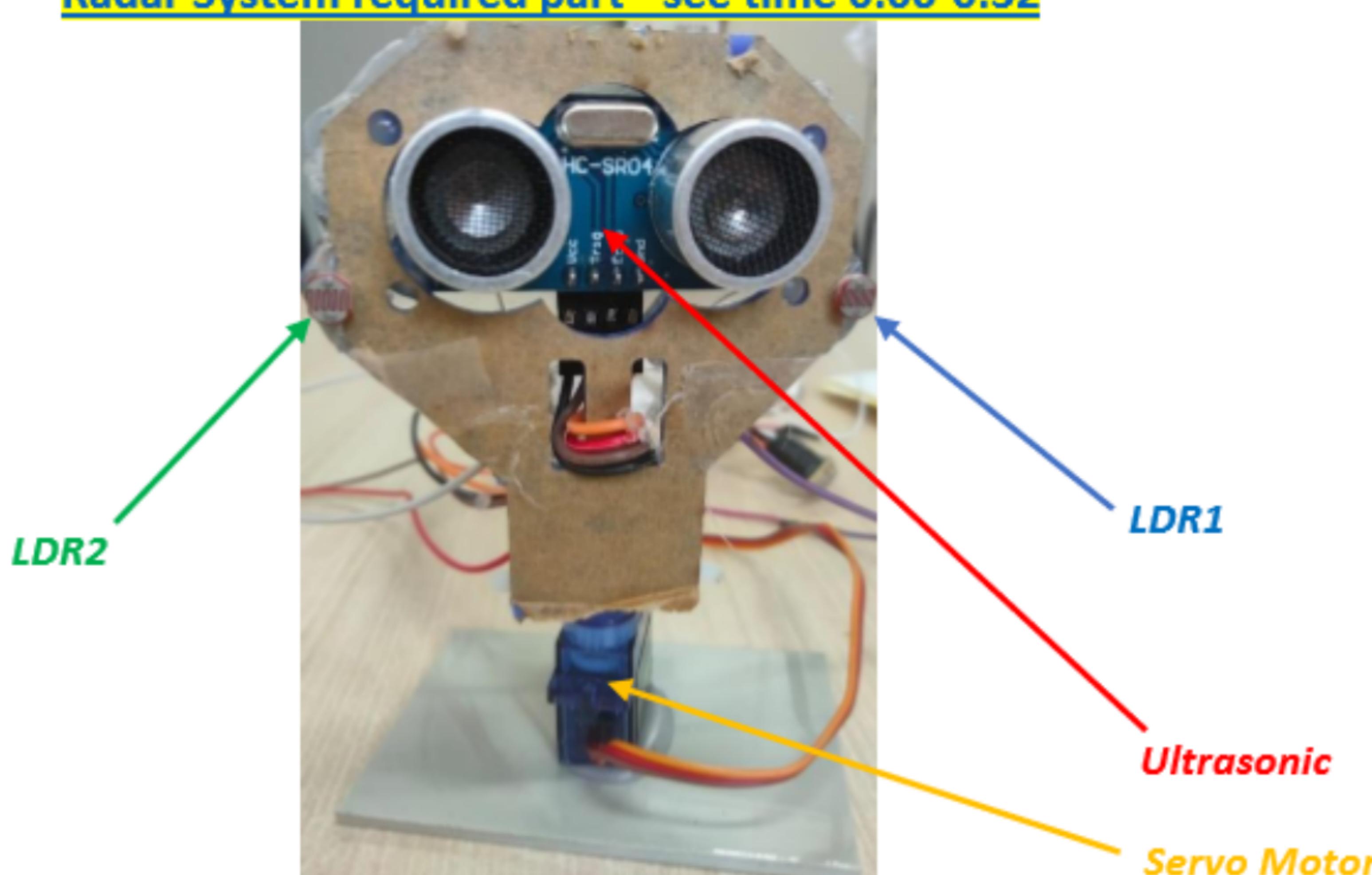
תוכן עניינים:

3	A. מטרת הפרויקט:
4	B. תיאור משימת הפרויקט:
4 (משקל 35% : Objects Detector System .1
5 (משקל 10% : Telemeter 2.
5 (משקל 30% : Light Sources Detector System .3
5 (סעיף בונוס במשקל 20% Light Sources and Objects Detector System .4
5 (משקל 25% : Script Mode 5.
7	C. הסברים טכניים – חיישן ומנוע סרבי:
7 1. חיישן מרחק Ultrasonic (רכיב HC-SR04):
9 2. מנוע Servo Motor :
9 3. ביצוע סריקה ע"י מנוע ה-Servo:
10 4. חיישן LDR כגלי מרחק של מקור אור:
10 5. חיבורו חומרה והקצתת רגלי הבקר (ערכת פיתוח אישית):
11 6. ממשק משתמש בצד ה- PC :
11 D. דוח מכין: (משקל 10%)
11 E. מבנה הציון בפרויקט:

A. מטרת הפרויקט:

- i. תכנון וIMPLEMENTATION מערכת מבוססת MCU לגילוי מוקורות אור וניטור אובייקטים למרחב באמצעות אולטראסונייק, חיישני אור LDR ומנוע Servo. סריקת המרחב תבוצע בגזרה של 180 מעלות באמצעות תנועת מנוע Servo, מדידת מרחק באמצעות MCU בעל טווח מדידה בין $2cm \div 450cm$. בקרת התנועה היזואיתית של מנוע Servo תהא מבוססת PWM.
- ii. במסגרת הפרויקט יפותח קוד בשפת C/C++ לIMPLEMENTATION מערכת מבוססת גרעין הפעלה FSM וכתיבת המערכת במתודולוגיה של שכבות אבstarטרכזיה לIMPLEMENTATION מערכת Embedded מרובת חיישנים תחת משטר Hard Real Time.
- iii. מחשב PC ישמש לצורך ממשק (PySimpleGUI, Tkinter, etc) למשתמש ולציגו לכל פעולה המוגדרת במערכת ודורשת תצוגה וממשק למשתמש. ה- MCU יחבר למחשב ה- PC באמצעות תקשורת טורית אסינכרונית בסטנדרט RS-232.
- iv. ממשק למשתמש בצד ה- PC יאפשר קביעת פרמטרים, שליחת קבועים ופקודות High-level ל- MCU. המשק בצד ה- PC יכתב בשפה עילית (לבחירתכם: JAVA, C++, Python, Matlab, etc) או שימוש במעטפת #include מומלץ למי שמכיר) ויתמוך בIMPLEMENTATION של תקשורת טורית בין הבקר ל- PC.
- v. המשק יאפשר העברת קבועים הכלולים פקודות High-level מקודדות לIMPLEMENTATION בצד הבקר. הגדרת הפרויקט המתוארת בקובץ זה מכילה דרישות של מערכת Embedded בלבד, שלב ראשון בתהליך הפיתוח של המערכת לאחר הבנת הדרישות הוא שלב אפיון המערכת. בשלב זה יש צורך לחקרו ולהבין את המגבליות ההנדסיות של המערכת, לכתוב גרפ מפורט של גרעין הפעלה FSM של המערכת, ולכתוב תיאור של האלגוריתמים השונים הנדרשים לIMPLEMENTATION. בשלב חשוב זה נדרש לבצע תכנון מדויק ולפטור את כל השגיאות הלוגיות הקיימות בתכנון (במקביל לשלב זה ניתן לכתוב דרישים בשכבה המתאימה בנפרד לכל מודול חומרה בפרויקט). רק לאחר מכן ניתן להתחיל בכתיבת קוד המערכת וIMPLEMENTATION האלגוריתמים השונים. **זכיר, הגדרת הפרויקט משארה שטח "אפור" בו כל זוג צריך להביא את עצמו לידי ביתיו ויצירתוות בIMPLEMENTATION אופטימאלי מבחינת סיבוכיות מקום, סיבוכיות זמן לצורך IMPLEMENTATION מערכת רובוטית (מערכת הפעלת בצוות יציבה ואינה "נטקעת") בזמן תגובה RT תחת מגבלות הנדסיות של המערכת.**
- vi. להלן המראה וויזואלית בלבד של IMPLEMENTATION מערכת Embedded שונה לIMPLEMENTATION מערכת MCU לניטור וגילוי אובייקטים למרחב באמצעות אולטראסונייק ומנוע Servo.

Radar System required part - see time 0:06-0:32



B. תיאור משימת הפרויקט:

פיתוח מערכת לגילוי מקורות אור וনיטור אובייקטים למרחב באמצעות מרחוק אולטראוסוני, שני חיישני אור LDR ומנוע Servo לצורכי סריקת המרחב.

- ארQUITטורת התוכנה של המערכת נדרש להיות מבוססת פרדיגמת תכנות גרעין הפעלה מסוג **FSM**.
Simple המבוצעת קטע קוד השיר לאחד ממצבי המערכת בהינתן בקשה של פסיקת RX שmagua מה PC לבקר דרך ערוץ התקשרות לUART. קוד המערכת נדרש להיות מחולק לשכבות אבסטרקציה כך שהיא נייד (portable) בקלות בין משפחות בקר MSP430 ע"י החלפת שכבת ה- **BSP** בלבד.
- טרם שלב כתיבת הקוד בשלב התכנון נדרש לשרטט גרף של דיאגרמות FSM מפורטו, אחת של ארQUITטורת התוכנה של המערכת בצד MCU והשנייה של חלק התמייה בתקשורת באפליקציה בצד מחשב וaczfan לדוח. גרף של דיאגרמת FSM בצד MCU המצביעים אלו הגדלים והקשות אלו המעברים מ מצב אחד בゲין בקשות פסיקת RX (המסווגות לקליטת מידע מסווג Command וסוג Data, כפי הנלמד בניסוי מעבדה 4).
- אסור לבצע השהייה ע"י שימוש ב polling למעט עבור debounce ברוטינית שירות של בקשות פסיקה בגין לחצנים.
- בתחילת התוכנית (בלחיצה על כפטור RESET), הבקר נמצא במצב שונה.**
הערה: כפטור RESET מותך לשימוש אך ורק לאותול המערכת בלבד
 - רמת הדיווק, זמן תגובה והביצוע בהתאם לדרישות מהוות חלק חשוב בהערכת הפרויקט.
 - מקורות העבודה היא חלק חשוב בביצוע הפרויקט, במקרה של העתקה, הפרויקטים של שני הצדדים יפסלו.
 - עקב מגבלה של גודל ה RAM עליהם להשתמש בתבונה בזיכרון FLASH (ראו חומר ההכנה למעבדה 1).
 - נדרש לעבוד בסביבת פיתוח CCS IDE מבוססת [Eclipse](#) (כפי הנלמד בחומר ההכנה למעבדה 1).
 - צורך חלק הביצוע של המשימה נדרש ליצור ממשק למשתמש בצד ה- PC המכיל את סעיף התפריט הבא:

להלן פירוט סעיף התפריט:

1. **Objects Detector System : (משקל 35%)**

ミימוש מערכת Objects Detector System לניטור אובייקטים (באופן דינامي) למרחב למרחק מוגדר דרך ממשק למשתמש בביצוע סריקה אחת בלבד בהיקף סריקה של 180 מעלות וברמת דיוק אופטימלית.

הסבר:

כפי שמצוג بصورة מוחשית בסרטון המצורף, חישת הגלי נועשית ב- 180 מעלות סביב נקודת המרכז של ידית מנוע Servo למרחק מישוך המוגדר מראש ע"י המשתמש (דרך הממשק למשתמש בצד ה- PC).
משמעות מרחק המישוך, מרחק שמננו והוא אנו מתייחסים לערך הנמדד מוחץ לתחום ואינו נלקח בחשבון.

הערה: בשלב התכנון יש צורך להחליט איזה חלק של עיבוד הנתונים יבוצע לצד הבקר ואיזה חלק יבוצע בצד המחשב, בנוסף יש לשלוח את המידע הגדל מ Byte בערזן התקשרות בצורה דחוסה כך שמספר הבטים הנשלח מינימלי.

2. Telemeter : (משקל 10%)

נדרש למקם את מנוע הסרבו בזווית הנטונה לבחירה דרך ממשק למשתמש ולהציג את המרחק הנמדד מכישון המרחק באופן דינامي ובזמן אמת ברזולוציה של cm (ללא רישום היסטורית מדידות), על גבי מסך ה- PC.

3. Light Sources Detector System : (משקל 30%)

ミימוש מערכת Light Sources Detector System לניטור מקורות אור (באופן דינامي) למרחב בטווח של עד חצי מטר בביצוע סריקה אחת בלבד בהיקף סריקה של 180 וברמת דיוק אופטימלית.

הסבר:

בעזרת שני חיישני אור מסוג LDR הממוקמים מצידי חיישן המרחק ניתן לבצע גילוי של מקורות אור מבחינת מיקום ומרחק (ראה פירוט בסעיף C4) בתוך טווח סריקה של 180 מעלות סביב נקודת המרכז של ידית מנוע Servo ולהציג את תוצאות המיקום והמרחק של מקורות האור על מסך ה- PC דרך הממשק למשתמש.

הערה: בשלב התכנון יש צורך להחליט איזה חלק של עיבוד הנתונים יבוצע לצד הבקר ואיזה חלק יבוצע לצד המחשב, בנוסף יש לשולח את המידע הגדל מ Byte בערוץ התקשרות בצורה דחוסה כר שמספר הבטים הנשלח מינימלי.

4. Light Sources and Objects Detector System : (סעיף בונוס במשקל 20%)

מימוש מערכת Light Sources and Objects Detector System, מערכת זו מבצעת יחד את הדרישות של סעיפים 1,3 בתפריט לצורכי ניטור מקורות אור למרחב בטווח של עד חצי מטר וניטור אובייקטים למרחב למרחק מוגדר דרך ממשק למשתמש בביצוע סריקה אחת בלבד בהיקף סריקה של 180 וברמת דיוק אופטימלית.

הערה: בשלב התכנון יש צורך להחליט איזה חלק של עיבוד הנתונים יבוצע לצד הבקר ואיזה חלק יבוצע לצד המחשב, בנוסף יש לשולח את המידע הגדל מ Byte בערוץ התקשרות בצורה דחוסה כר שמספר הבטים הנשלח מינימלי.

5. Script Mode : (משקל 25%)

הפעלת כל המערכת בהתאם לקובץ script המכיל פקודות High Level המוגדרות מראש. ניתן לפעול את המערכת באופן אוטומטי ולבדק את כל חלקי המערכת. נדרש לתמוך ביכולת שליחת וקבלת של עד שלושה קבצים ולבחור להפעיל אחד מהם בנפרד ובאופן בלתי תלוי בבחירה מתוך התפריט לצד מחשב בלבד.

הדגש בתכנון הוא של זמן תגובה המערכת עם רמת דיוק ביצוע של תוכן קובץ ה scripts ואמינות תוכן המידע הנשלח/מתקיים דרך ערוץ התקשרות.

הערה: ניתן להניח שכל קובץ script בנפרד יכול להכיל עד מקסימום עשר שורות

הסבר:

המשתמש יוכל לשולח לבקר קובץ txt script המכיל פקודות ברמת Level High (כמפורט בהמשך). טעינה הקובץ נעשית בלחיצת כפתור מתאים דרך הממשק למשתמש ולאחר מכן שליחת הקובץ מהמחשב האישי לבקר באופן טוריתו אחרתו (ללא קידוד) הקובץ נשמר בזכרון ה- FLASH של הבקר כקובץ txt . לאחר קבלת הקובץ מצד הבקר, תישלח הודעה Acknowledge למסך ה- PC ויתחיל ביצוע ה- script מצד הבקר.

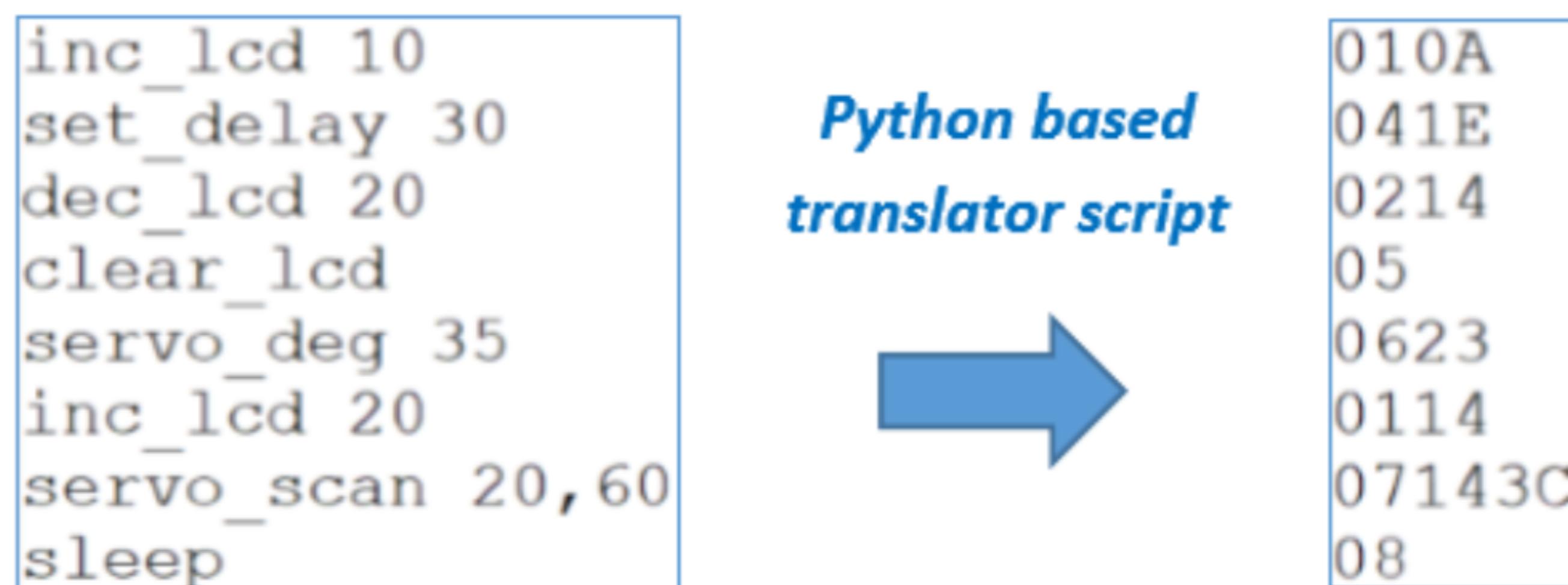
צורת שמירת קובץ txt.* בצד הבקר:

קובץ מוגדר ע"י רצף פיזי של תווים שמייקומו ההתחלתי נתון ע"י מצביע לקובץ ותוכנו מסתיים ב�ו EOF .
עליכם לנוהל שמירה של עד שלושה קבצים בזיכרון FLASH של הבקר ולהגיד **struct** מתאים המכיל את השדות הבסיסיים הבאים (ניתן להוסיף שדות עזר לבחירתכם תור נימוק הנדסי): כמוות קבצים קיימים, מערך מצביעים לשמות הקבצים, מערך מצביעים לתחילת כל קובץ, מערך המכיל את גודלי הקבצים.

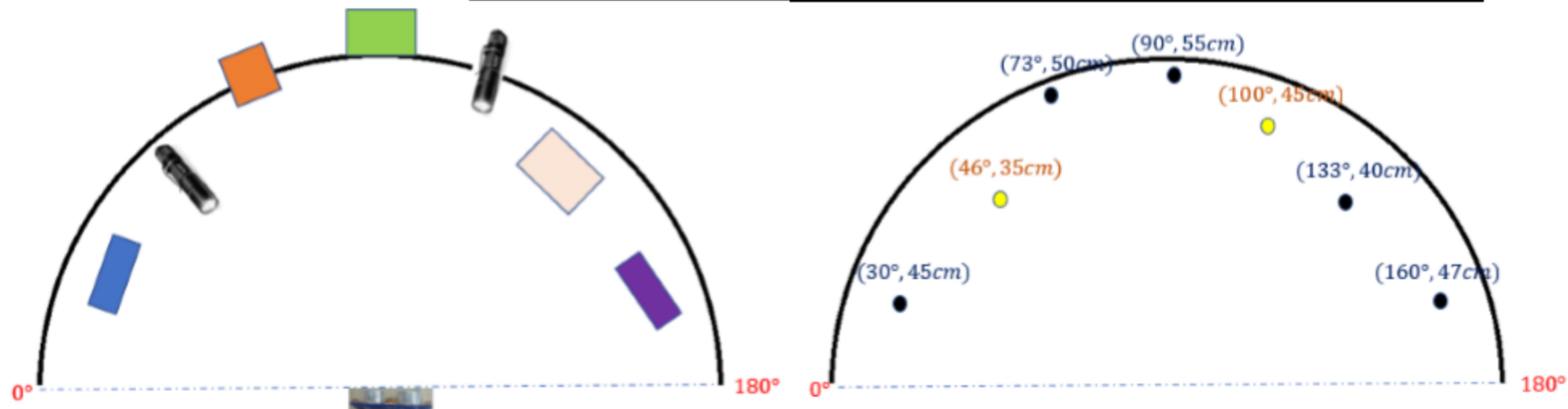
רשימת פקודות High Level נדרשות לתמיכה במצב של Script Mode

OPC (first Byte)	Instruction	Operand (next Bytes)	Explanation
0x01	inc_lcd	x	Count up from zero to x with delay d onto LCD
0x02	dec_lcd	x	Count down from x to zero with delay d onto LCD
0x03	rra_lcd	x	Rotate right onto LCD from pixel index 0 to pixel index 31 a single char x (ASCII value) with delay d
0x04	set_delay	d	Set the delay d value (units of 10ms)
0x05	clear_lcd		Clear LCD
0x06	servo_deg	p	Point the Ultrasonic sensor to degree p and show the degree and distance (<u>dynamically</u>) onto PC screen
0x07	servo_scan	l,r	Scan area between left l angle to right r angle (<u>once</u>) and show the degree and distance (<u>dynamically</u>) onto PC screen
0x08	sleep		Set the MCU into sleep mode

Note: The default delay **d** value is 50 (**units of 10ms**)



המחשת פעולה מצב התפרטי 1,2,4 של חישת אובייקטים ומיקורות אור במרחב:



מיקום פיזי של אובייקטים ומיקורות אור במרחב בטוויה
סריקה של 180 מעלות

תוצאת הסריקה המרחיבית כתמונה פלט בציג המחשב
המכילה את זווית מיקום ואת מרחק האובייקטים ומיקורות
אור במרחב בטוויה סריקה של 180 מעלות

C. הסברים טכניים – חישון ומנוע סרבו:

1. חישון מרחק Ultrasonic (רכיב HC-SR04):

בإخراج פולס דריך הבקר במרחק של **פחות** 10usec המהווה טריגר דרך רgel **Trigger** של החישון (מרוחק מינימלי בין טריגר לטריגר הוא 60msec, כלומר תדר עבודה מקסימלי של $Hz = 16.7$), **בסוף הפולס** חישון המרחוק "וורה" גל קול (Sound wave) באורך שווה לחזרים בתדר $40kHz$ לכיוון האובייקט ו他知道 את החזרים המגיעים ממנו. מעגל חשמלי הנמצא בחישון ממיר את החזרי גל הקול וממיר אותו לפולס היוצא מרגל **Echo**, באורך הזמן שעבר מרגע שידור גל הקול ועד לקבלת החזרים מהאובייקט הנמצא מול החישון. הפולס היוצא מרגל **Echo** של החישון נכנס לרגל הבקר בעל יכולת פסיקה (דף המדיע והמפרט נמצאים **באתר הקורס ב- Moodle**). טווח המדידה המשי הוא $2cm \div 450cm$.

[סרטון הסבר: Using of Distance sensor Ultrasonic](#)

מדידת המרחק תבצע באמצעות משתי הנוסחאות הבאות (מיושן בעזרת Input Capture בלבד):

$$Range[cm] \cong Echo_high_level_time \cdot \frac{34,000 \frac{cm}{sec}}{2} = Echo_high_level_time \cdot 17,000$$

when $34,000 \frac{cm}{sec}$ is the speed of sound c

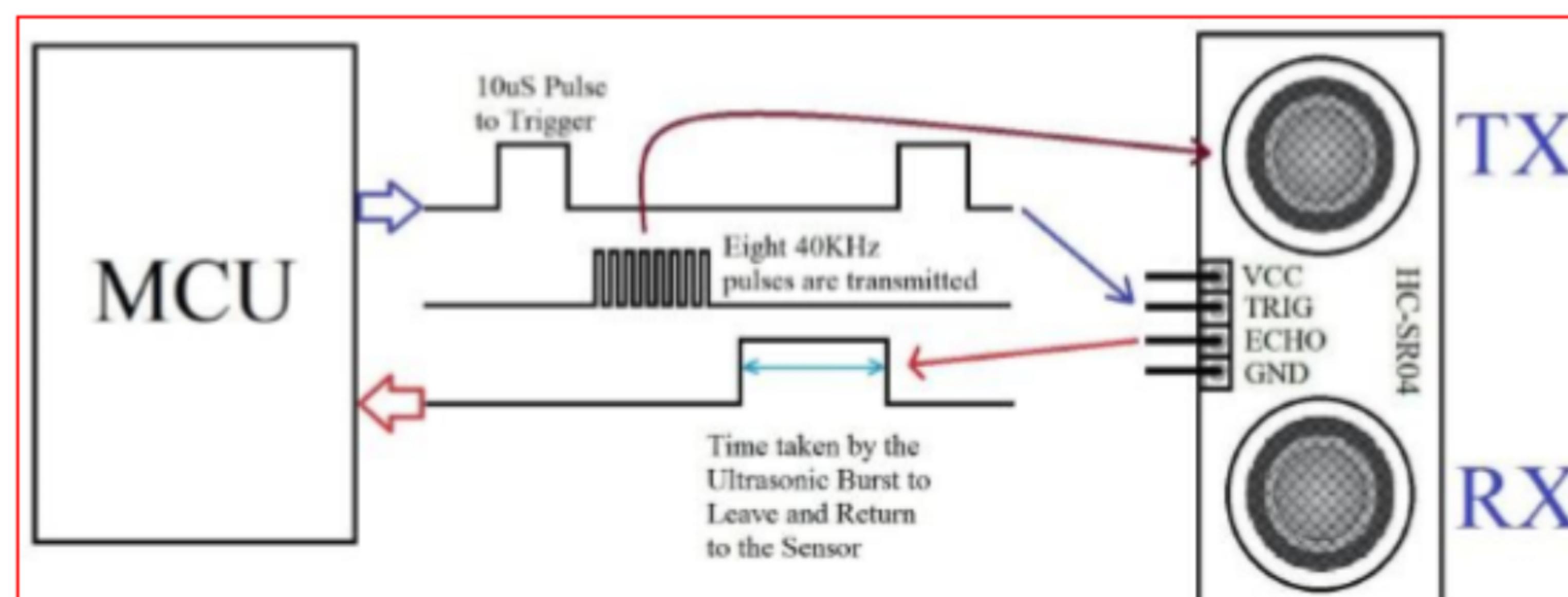
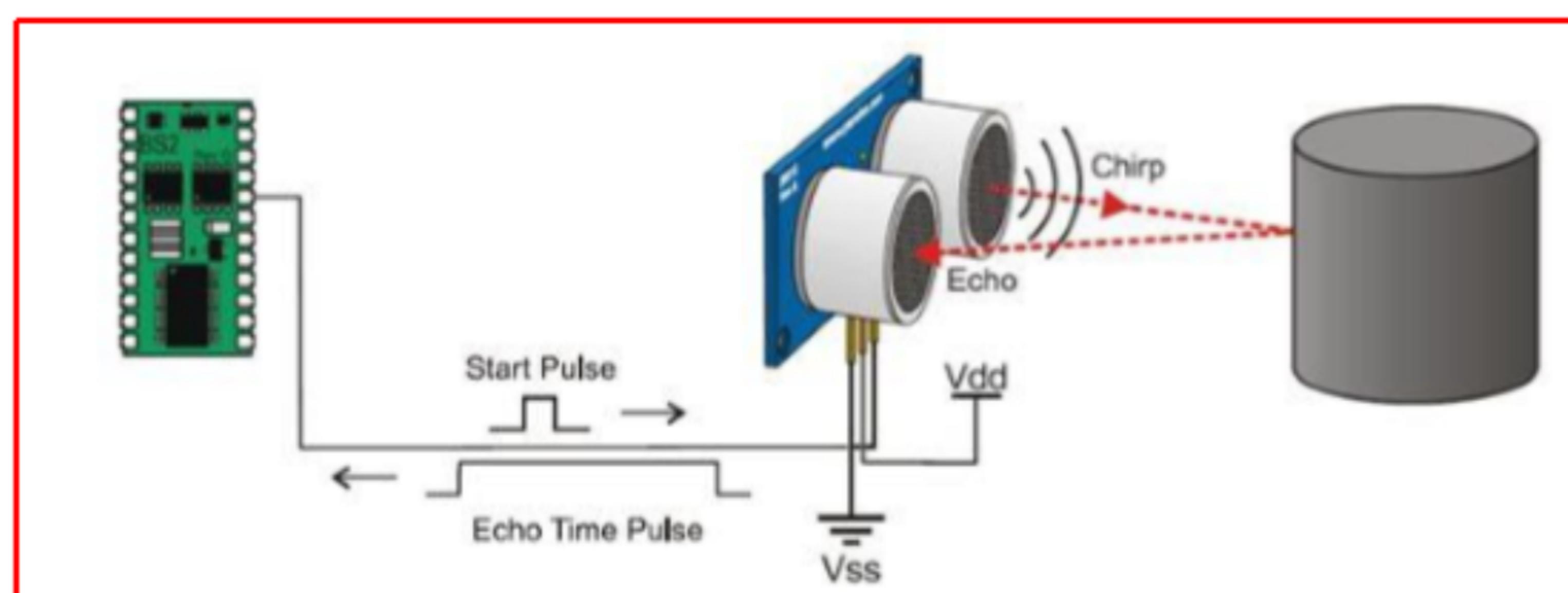
לצורך דיקוי מרבי, נציין שמהירות הקול באוויר תלויות בטמפרטורה, לצורך ציוד נצטרך להתחשב בכך לפי

הנוסחה הבאה (Speed of sound):

$$\text{speed of sound } c \left[\frac{m}{sec} \right] = 331.3 + 0.606 \times \text{Temperature_in_Celsius}$$

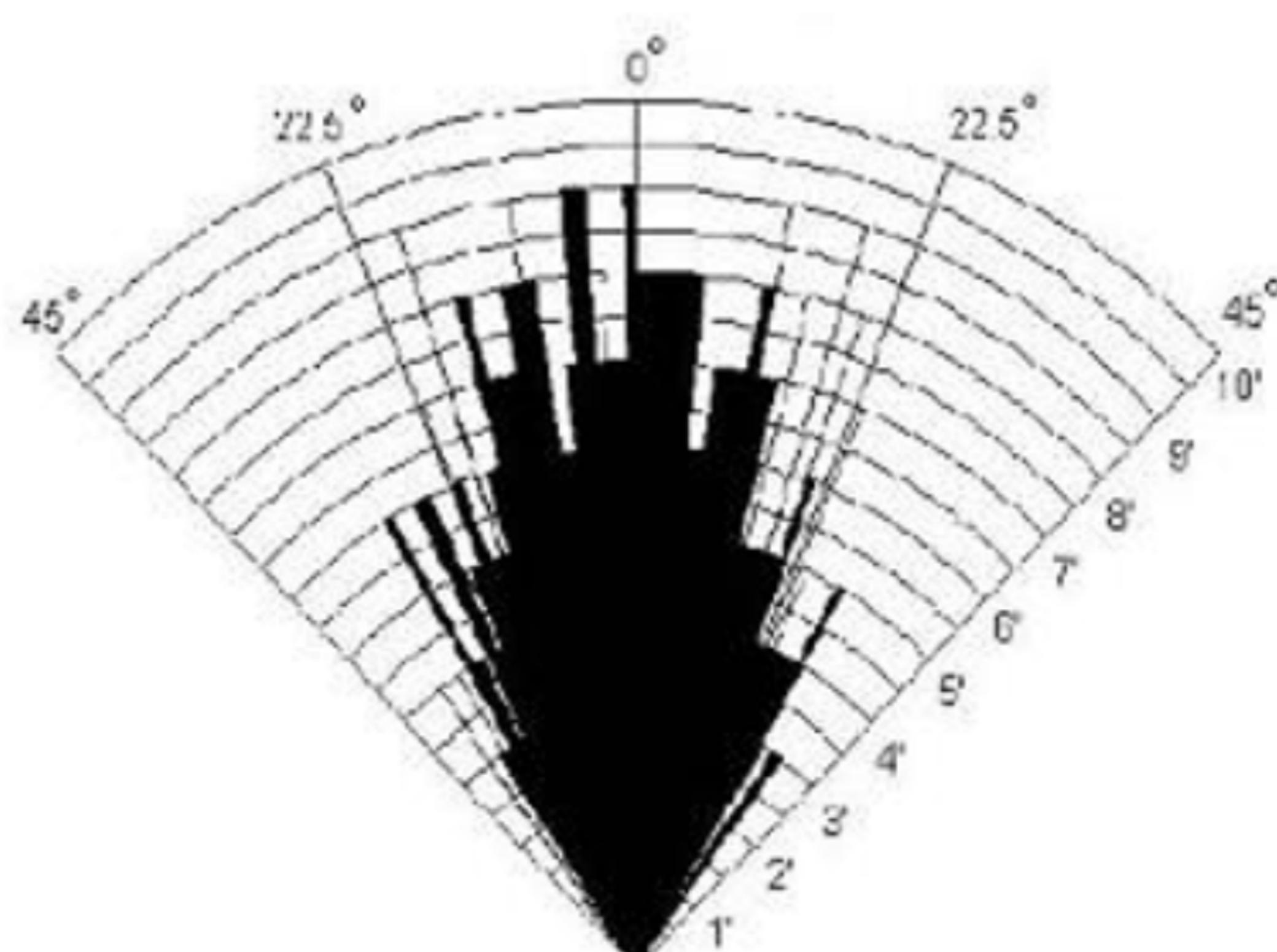
עבור טמפרטורת החדר 25 מעלות צלזיוס (הנחה העבודה בפרויקט), $c = 346.45 \frac{m}{sec} = 34,645 \frac{cm}{sec}$

הערה: התוצאות בטמפרטורה מאפשרות לשפר את הדיקוי במדידת המרחק. **לצורך מדידת טמפרטורה משמש חישון טמפרטורה** (בפרויקט זה לא נדרש לבצע מדידת טמפרטורה, הנחת טמפרטורת חדר $25^{\circ}C$).



Label Name	Description	MSP430 Pin
UltraSonic_Echo	אות ECHO המוחזר מחיישן המרחק	Timer Input Capture
UltraSonic_Trigger	אות Trigger הנכנס לחישן המרחק	PWM output / Digital Output

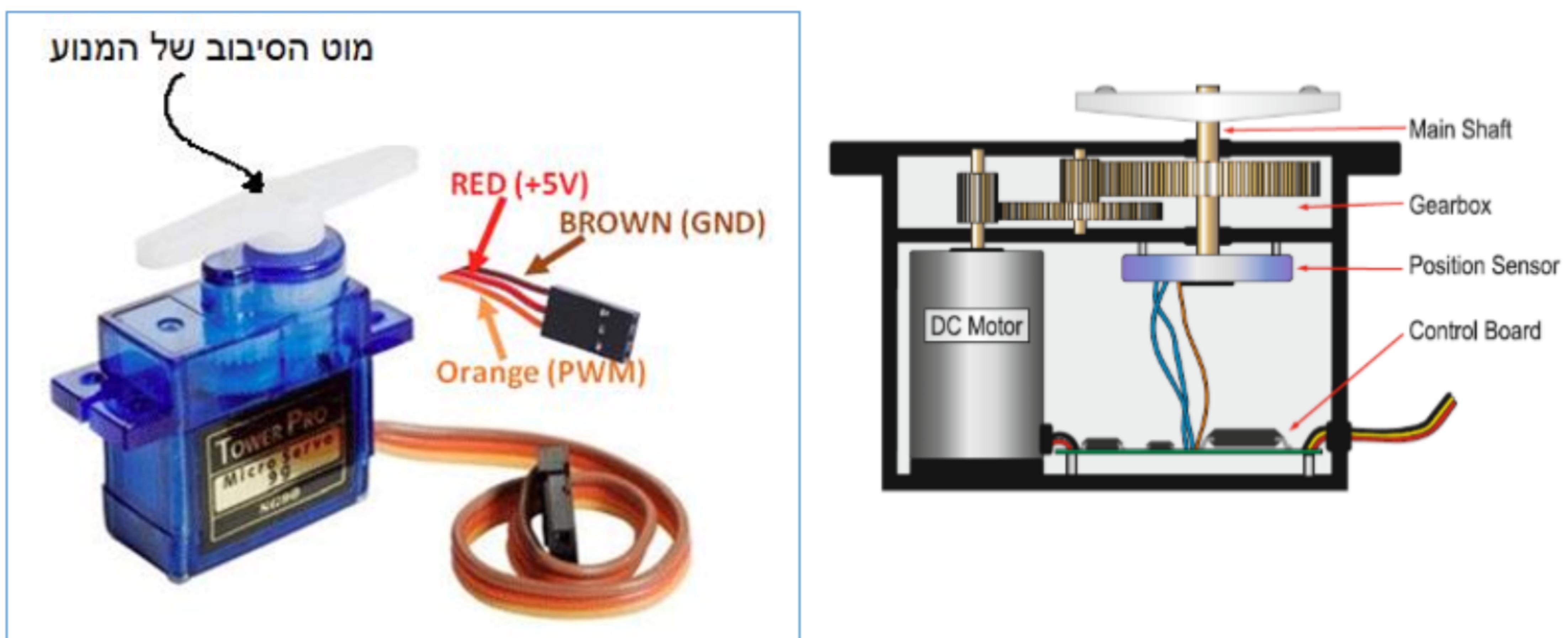
HC-SR04		HY-SRF05
Working Voltage	5 VDC	5 VDC
Static current	< 2mA	<2 mA
Output signal:	Electric frequency signal, high level 5V, low level 0V	Electric frequency signal, high level 5V, low level 0V
Sensor angle	< 15 degrees	< 15 degrees
Detection distance (claimed)	2cm-450cm	2cm-450cm
precision	~3 mm	~2 mm
Input trigger signal	10us TTL impulse	10us TTL impulse
Echo signal	output TTL PWL signal	output TTL PWL signal
Pins	1. VCC 2. trig(T) 3. echo(R) 4. GND	1. VCC 2. trig(T) 3. echo(R) 4. OUT 5. GND



*Practical test of performance,
Best in 30 degree angle*

2. מבוא :Servo Motor

מנוע Servo ניתן להפעילו כך שמוות הסיבוב שלו, יסתובב בתחום זווית בין 0° ל- 180° מעלות. המנוע מהוות עומס, המחבר לכרטיס ממושך המתוור בין הבקר לעומס. מצד אחד נחבר לכרטיס הממשק את ה- MCU המעביר מידע, מצד שני נחבר את המנוע מהוות עומס וצרוך הספק גבוהה. כרטיס המכיל את הדרייבר החומרתי מחובר למתח הפעלה של 5 ברגל המיעדת לכך (ראה צלום הבא).



מצא PWM המחבר למנוע מאפשר שליטה על מיקום זוויתו של מוט הסיבוב של המנוע (מיקום בזווית בין 0° ל- 180°) בעזרת מצא PWM מהבקר ערך ה-Duty Cycle של אות ה-PWM קובע את מיקום הזרוע. בהגדירות הבאות י Zion ה-PWM המינימאלי עבר מיקום זוויתו של 0° ו-PWM מקסימלי עבר מיקום זוויתו של 180° . טווחי ביניים של PWM יתנו זווית בתחום 0° ל- 180° .

Servo Motors

$$f_{max} = 40Hz \rightarrow T_{min} = 25msec$$

זווית של **0 מעלות**

זווית של **180 מעלות**

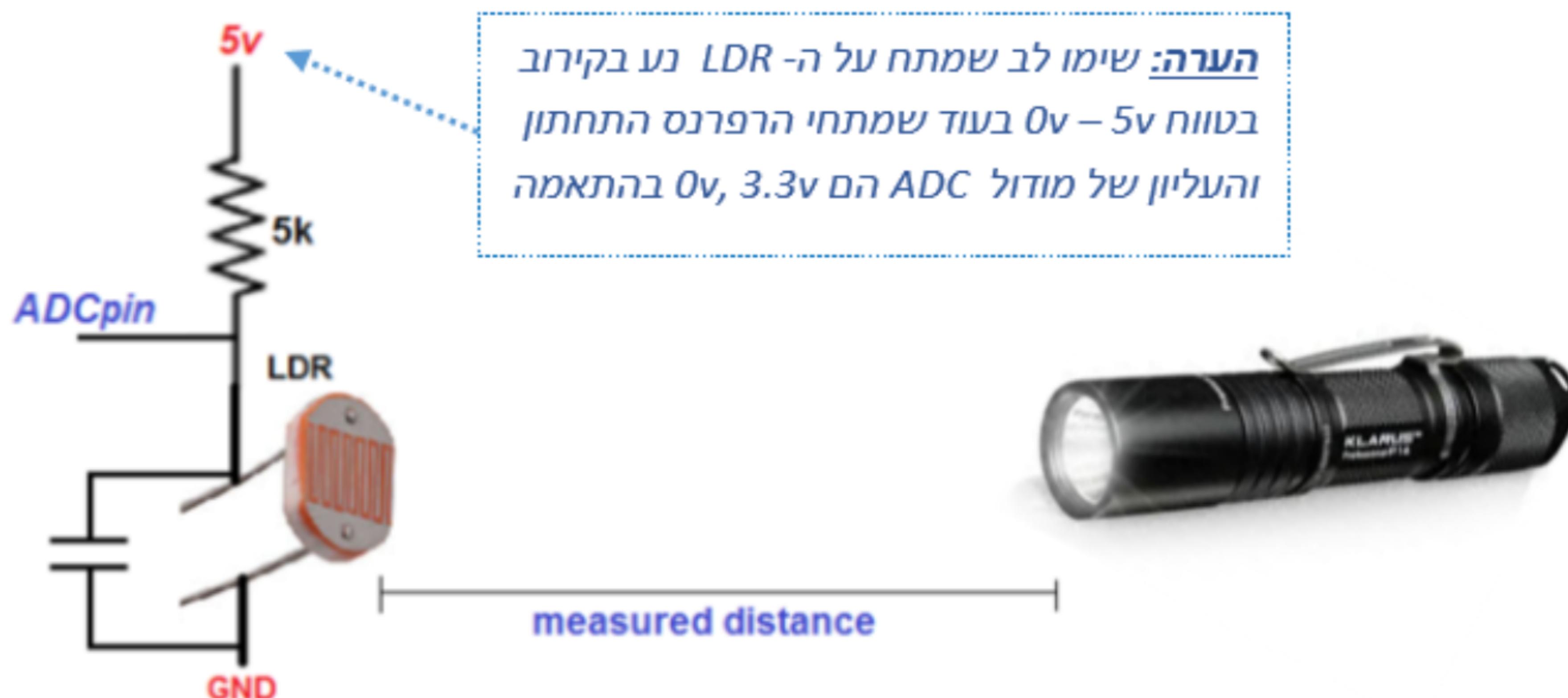
סרטון הסבר: Using of Servo Motor

3. ביצוע סריקה ע"י מנוע ה-Servo:

- ✓ במצב של 0° - מוט הסיבוב של המנוע מכונים במצב התחלתי קבוע וידוע מראש.
- ✓ כדי להגעה **לزواית ספציפית** (בשונה מסריקה) אפשר להכטיב PWM עם Duty Cycle עם מתאים **לא** צריך בהגעה לزواית בעזרת צעדים קטנים.
- ✓ לצורך סריקה תקינה של מנוע ה-Servo יש לשנות זווית בתחום של 0° ל- 180° ע"י שינוי הרגיסטרים השולטים על ה-Duty Cycle, בצעדים של ערך $9 \pm 4msec$ עם השהייה של $9 \pm 4msec$ בין צעד לצעד (תלויה לכמה צעדים תרצה לחלק את 180° של טווח סיבוב המנוע). הסיבה לכך, **בשימוש רב** של תנודות חדות המנוע עלול להשתגע ולצאת משליטה. כמו כן **שאין לחצות את גבולות הרגיסטרים** השולטים על ה-Duty Cycle עבור גבולות של 0° ל- 180° , אחרת המנוע יתחיל לרעוד.
- ✓ כאשר מכבים את אות PWM המזין את מנוע ה-Servo מוט הסיבוב של המנוע ננעלת על הזווית בה הייתה טרם כיבוי האות.

4. חישון LDR כגלי מרחק של מקור אור:

בעזרת הבקר ושימוש במודול ADC במחובר למחلك מתח בין נגד LDR ונגד של $\Omega_{k7} = 4.7$, נוכל לדגום מתח משתנה בתחום בין v_{min} ל- v_{max} הנופל על נגד LDR כתלות בעוצמת הארה עליו.



המרחק הנמדד יהיה בתווך 0cm - 50cm, לצורך מדידת מרחק של מקור האור נדרש להכין מבנה נתונים של המרחק הנמדד בצורה מערכ חד-מימדי בגודל 2×50 . אינדקס המערך $p = 49 + 0 \div 50$ מתאר את המרחק כאשר תוכן התא מתאר את ערך המתח הנמדד על ה- LDR.

בצורה זו קיבלנו 50 דגימות, דגימת מתח אחת לכל ס"מ. את המדידות נבצע בכל cm (סה"כ 10 מדידות) ואת שאר הערכים נחשב בעזרת ההנחה **שبين 2 מדידות עוקבות ההתנהגות ליניארית**.

לצורך יכול בהגעה לסייעת עבודה חדשה של המערכת (ביחס לתאורת הסביבה) יש צורך ביצוע 10 מדידות לאורך טווח של 50cm, ניתן להכין פס נייר באורך מותאים ולסמן מידות בכל cm. את פס הנייר נניח על השולחן בקו ישר מנגד ה- LDR. את הפנס (יש לכם צזה במכשיר הנייד) נניח לאורך הסימונים על הסרגל ובכל סימון נלחץ על לחצן לבחירתכם לבייצוע דגימת מתח במצב LDR ולשמירת הערכים המתאים במערך המועד לך. בלחצן נשתמש להתחלה ולסיום תהליך המדידות.

5. חיבור חומרה והקצת רגלי הבקר (ערכת פיתוח אישית):

- קישור המכיל סרטון וקובץ בינהרי לצריבה ל MCU לבדיקת תקינות מנוע Servo וחישון אולטרסונייק.

Video+binary.d43 - Servo Ultrasonic

- רגליים P1.1 , P1.2 – אין בשימוש, תפוסות לתקשורת טוירת מול המחשב (ראה הגדרת ניסוי LAB4).
- מנוע Servo – חיבור לרجل מוצא Timer לבחרתכם (PWM).
- חישון מרחק – חיבור שני רגליים (Echo, Trig) למוצא כניסה של Timer לבחרתכם.
- שני חישוני LDR מחוברים לשתי רגליים של הבקר בעלות כניסה אנלוגית לבחירתכם.
- מסך LCD נדרש לחבר את D4-D7 קווים מידע (אופן פעולה קווים מידע) + שלושת קווים הבקרה של ה- LCD לבחירתכם
- חיבור לחצן לבחירתכם לצורך יכול חישוני ה- LDR
- סה"כ חיבור 15 רגליים של הבקר למסך החומרה החדש בפרויקט.

6. ממשק משתמש בצד ה- PC :

שליחת מידע בין הAKER ל- PC מבוססת תקשורת טורית וליצירת תפריט ממושך למשתמש על גבי מסך ה- PC היכול יכולת הצגה ויזואלית דינאמית למשתמש על גבי מסך ה- PC. עליויכם לכתוב את המעטפת והמשחק (GUI) בצד ה- PC בכל שפה שתבחרו Matlab, Python, C++, JAVA או שימוש במעטפת # C - מומלץ. במעטפת זו תצרכו לתמוך בתקשורת טורית אסינכרונית של המחשב עם הAKER מבוססת סטנדרט RS-232 לצורך העברת נתונים וקבצים (העברת הקובץתו אחרתו) בין המחשב לAKER והיפר. מצב ברירת המחדל הוא:

9600 BPS , 8-bits , 1 Start , 1 Stop , (none) No parity