

הסבר על מסך מגע touch screen של תצוגת tft .

א. מבוא : מסך מגע

במאמר זה נסביר איך עובד מסך מגע TOUCH SCREEN של תצוגת tft רזיסטיבית (התנגדותית).

הסבר על מבנה והפעלה של תצוגת tft יש בקישור : <http://arikporat.com/arduino1/tft%20basic.pdf>

הסבר על הפונקציות העובדות עם tft נמצא בקישור : <http://arikporat.com/arduino1/TFT%20graphic%20functions.pdf>

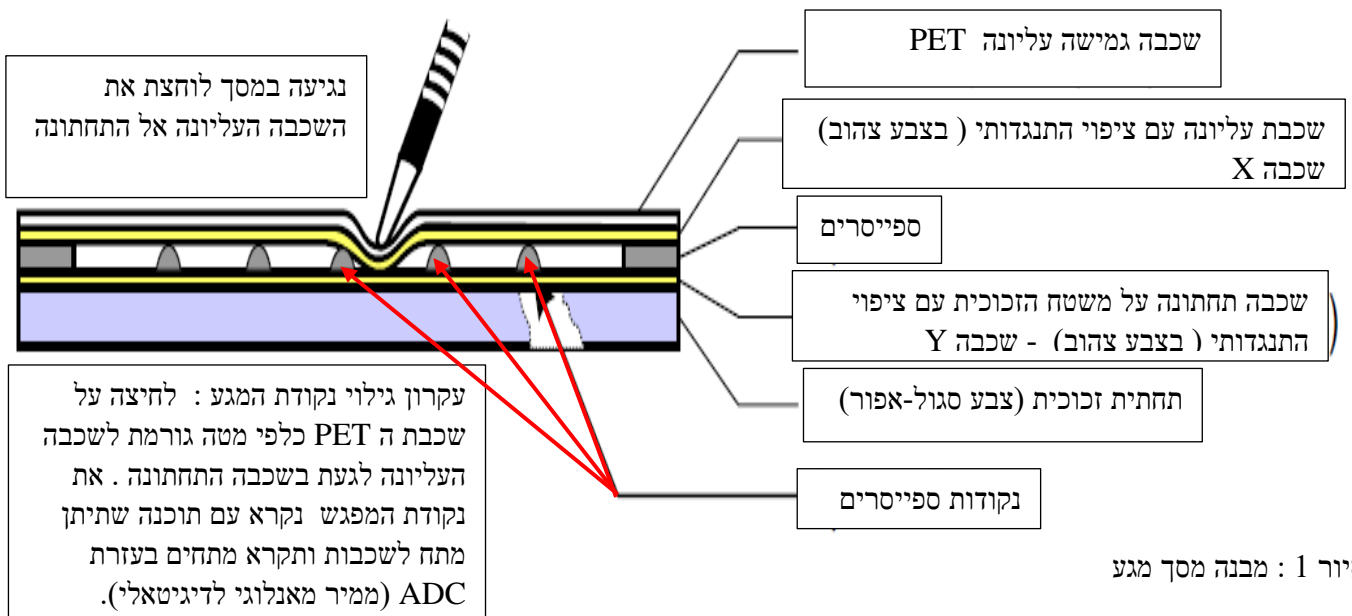
נעבוד עם tft של חברת MCUFRIEND המתחבר אל ארדואינו. כאשר קונים תצוגת tft צריך לשים לב שקיים גם touch . ישנן תצוגות הנמכרות ללא touch ! . התצוגה בגודל 3.5 אינץ' והיא רזיסטיבית , כלומר עובדת על עקרון של התנגדות לעומת תצוגות עם touch העובדות על עיקרון של קיבול. התצוגה זולה יחסית (כ 30 ש"ב ב 2020) . היא מיועדת "לשבת" על ההדקים של ארדואינו או ארדואינו מגה.

ב. מבנה

מסך מגע הוא רכיב חישה דו ממדי הבנוי מ 2 דפים – שכבות – של חומר קרובים זה אל זה עם הפרדה ביניהם בעזרת ספייסרים . מתחתם יש שכבת זכוכית שנותנת שכבה יציבה ובחלק העליון יש שכבה נוספת גמישה של פוליאיתילן הנקראת PET .

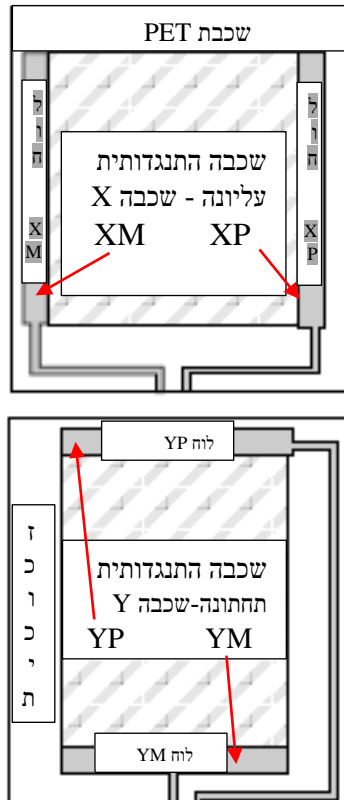
2 הדפים מצופים בחומר התנגדתי , בדרך כלל תרכובת של מתכת עם אינדיום - ITO (Indium Tin Oxide) המותזים בשכבה דקיקה גם על משטח הזכוכית וגם על שכבת ה PET . מוסיפים בליטות קטנות הנקראות נקודות ספייסרים (מבדילים) על צד הזכוכית בקצה ציפוי התנגדות ה ITO לשמור ששכבת ה PET תרד ותיגע במקרה ותגרורם לנגיעה שגויה.

באיור 1 רואים את מבנה מסך המגע שהסברנו :



איור 1 : מבנה מסך מגע

באיור הבא נתאר את 2 השכבות ונקרא להם שכבת X ושכבת Y .

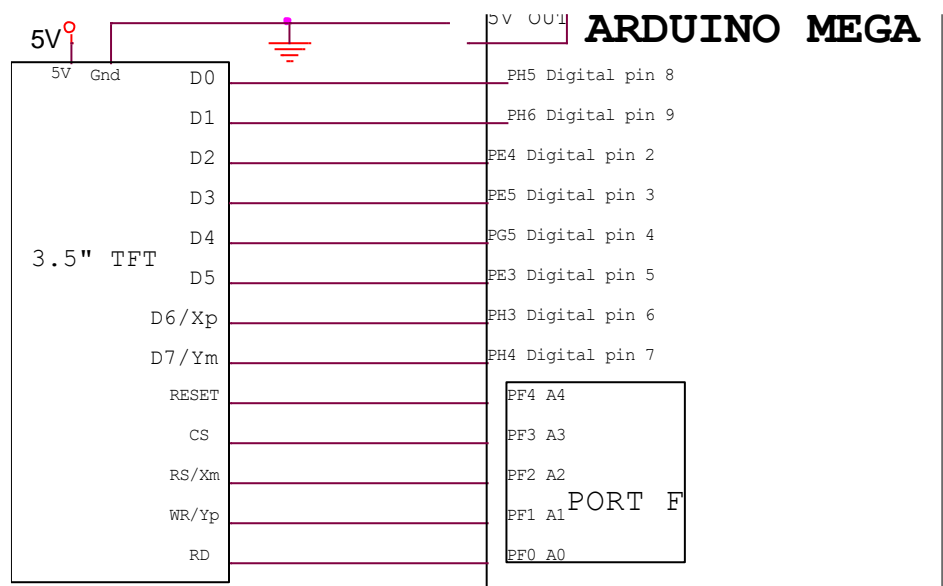


איור 2 : שכבת X ושכבה Y .

באיור רואים את 2 השכבות ההתנגדותיות. העליונה היא שכבה X (בהמשך נקרא לה גם ציר X) והשכבה התחתונה היא שכבה Y (בהמשך נקרא לה גם ציר Y). בכל שכבה 2 לוחות. בציר X יש את XP (Plus – פלוס) ואת XM (Minus – מינוס). בהתאמה יש גם בשכבה Y 2 לוחות YP ו YM. ה P – פלוס - אומר ששכבה זו תקבל 5 וולט. ה M אומר שהשכבה תקבל מינוס (במקרה שלנו 0 וולט).

ג. החיבורים בין כרטיס הארדואינו לתצוגה.

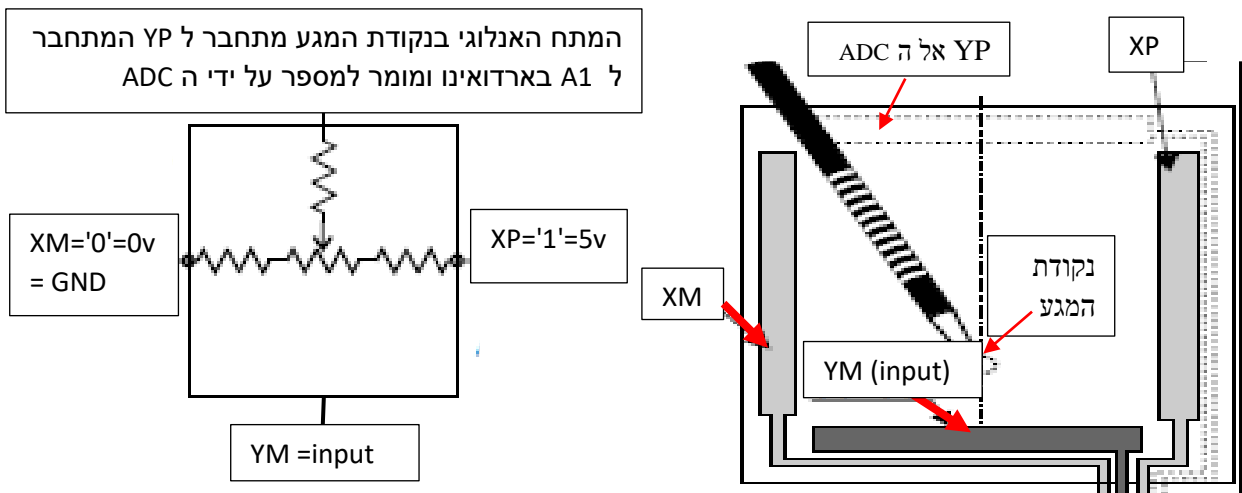
באיור הבא מתואר חיבור הארדואינו מטה אל ה tft .



איור 3 : חיבור הארדואינו וה tft .

ניתן לראות שיש 4 הדקים עם תפקיד כפול. D6 D7 הם גם הדקי נתונים וגם הדקי XP YM של ה touch . גם הדקי הבקרה WR RS משותפים עם XM YP השייכים ל touch . ההדקים XM YP הם הדקים אנאלוגיים הנכנסים אל ממיר ADC (Analog to Digital Converter – ממיר מאנאלוגי לדיגיטאלי) .
הערה : הדקים אנאלוגיים יכולים לשמש או כהדקים דיגיטאליים בעזרת הפקודה : pinMode או כהדקים אנאלוגיים המתחברים אל ה ADC בן 10 הביטים שבתוך הארדואינו.

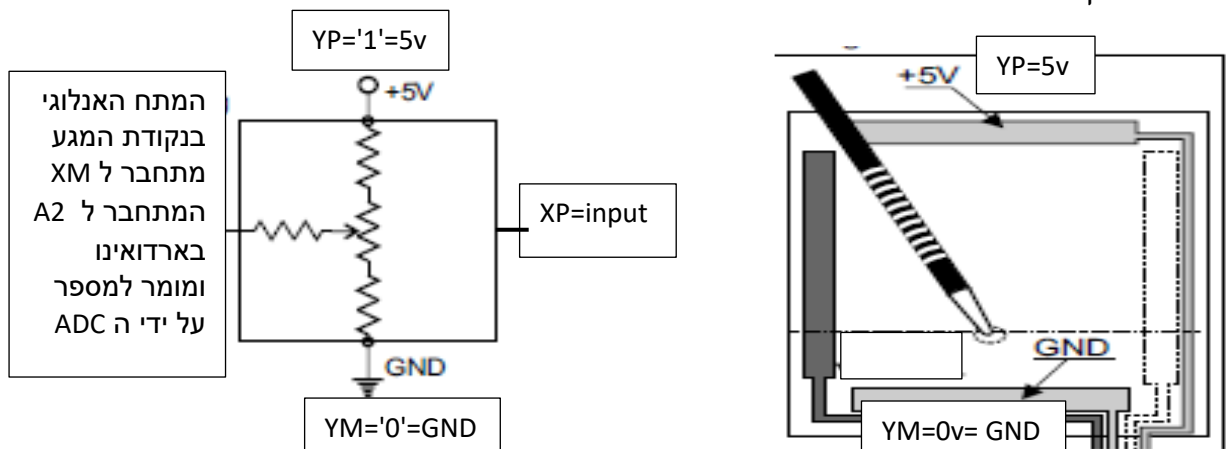
ד. מציאת נקודת המגע בשכבה X .



איור 4 : מציאת נקודת המגע בשכבה X . בצד ימין מתוארת נגיעה במסך ובצד שמאל ההסבר החשמלי.

להדק XP נותנים 5 וולט ולהדק XM נותנים 0 וולט (אדמה). בעזרת ההדק YM (המתחבר להדק אנאלוגי A1 קוראים את המתח בנקודת המגע של שכבת X . המתח האנאלוגי בנקודת המגע מומר למספר דיגיטאלי על ידי ה ADC . כך יודעים את נקודת המגע בשכבה X .

ה. מציאת נקודת המגע בשכבה Y .



איור 4 : מציאת נקודת המגע בשכבה Y . בצד ימין מתוארת נגיעה במסך ובצד שמאל ההסבר החשמלי.

להדק YP נותנים 5 וולט ולהדק YM נותנים 0 וולט (אדמה). בעזרת ההדק XP (המתחבר להדק אנאלוגי A2) קוראים את המתח בנקודת המגע של שכבת Y. המתח האנלוגי בנקודת המגע מומר למספר דיגיטאלי על ידי ה ADC. כך יודעים את נקודת המגע בשכבה Y.

נקודת המגע מורכבת מקריאת נקודת X וקריאת נקודת ה Y.

1. תוכנה

1.1 הכנות:

ממש בתחילת התוכנית אחרי כל הנחיות ה include נבצע את 3 הדברים הבאים:

- א. ננחה את הקומפיילר במספרי ההדקים אליהם מתחברים YM YP XM XP בעזרת ההנחייה #define.
- ב. נגדיר 2 משתנים גלובליים בשם x ו y שיכילו את המספר הדיגיטאלי של המתחים שקורא ה ADC.
- ג. נגדיר משתנה בוליאני בשם debugTouch. בפיתוח התוכנית, כאשר נבדוק את ה touch של התצוגה נשים בו '1' ואז נציג במסך הטורי של הארדוואינו את קריאות ה ADC בנקודות שאנחנו רוצים לגעת במסך. בסיום התוכנית נעביר את הביט ל 0 על ידי מחיקת השוויון =1 ואז המשתנה יקבל 0 (זהו משתנה גלובאלי ואם הוא לא מאותחל הקומפיילר "דואג" לשים בו 0. במקרה זה לא תתבצענה הדפסות למסך הטורי.

```
// הגדרת קבועים עבור ה touch
```

```
#define YP A1
```

```
#define YM 7
```

```
#define XM A2
```

```
#define XP 6
```

```
int x,y; // ערכי נקודת המגע במסך
```

```
bool debugTouch=1; // מראה האם להדפיס במסך הטורי את נקודות הנגיעה
```

2.1 הפונקציה touch

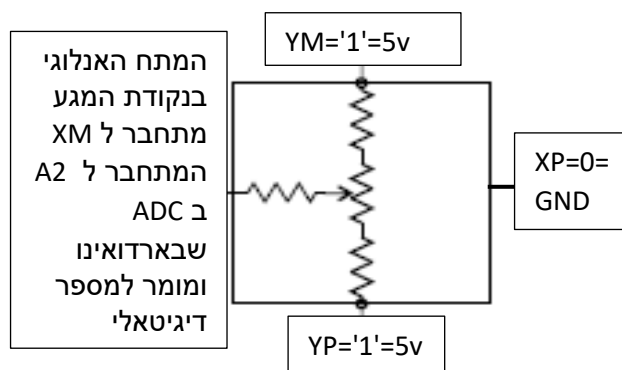
נקרא לפונקציה שבודקת את נקודת המגע בשם touch. בפונקציה יהיו את החלקים הבאים:

1. בתחילת הפונקציה נבצע בדיקה האם יש בכלל נגיעה במסך. אם אין נגיעה במסך אין טעם לבדוק את נקודות הנגיעה x y כי אף אחד לא נגע במסך. במקרה כזה נעבור לסעיף 4 שבהמשך. אם הייתה נגיעה במסך נמצא את הנקודות x y של הנגיעה בעזרת הסעיפים הבאים שמספרם 2 ו 3.

2. נבדוק את נקודת המגע בשכבה x . לשם כך נקבע את הדקי YP ו YM כהדקי קלט ואת הדקי XP ו XM כהדקי פלט . ל XP נוציא '1' (5 וולט) ול XM נוציא '0' (אדמה). נבצע קריאה של המתח בשכבה x בעזרת ההדק YP המתחבר לרגל A1 של הארדוואינו וממנה לכניסת ה ADC . המספר הדיגיטאלי שקיבלנו מציין את נקודת המגע x .
3. כעת נמצא את נקודת המגע y . נבצע תהליך דומה לזה שביצענו בסעיף 2 . את ההדקים XP ו XM נקבע להדקי קלט ואת ההדקים YP ו YM כהדקי פלט. נוציא ל YP '1' (5 וולט) ול YM '0' (אדמה) . נבצע קריאה של המתח בשכבה y בעזרת ההדק XM המתחבר לרגל A2 של הארדוואינו וממנה לכניסת ה ADC . המספר הדיגיטאלי שקיבלנו מציין את נקודת המגע y .
4. נחזיר את ההדקים XP XM YP YM להיות הדקי פלט כדי שנוכל לכתוב לתצוגה (באתחול התצוגה הם נקבעים כהדקי פלט) .

3.1 בדיקה האם הייתה נגיעה במסך .

קובעים את הדקי YP ו YM כפלט ולשניהם מוציאים '1' (5 וולט) !! . את הדק XM קובעים כקלט (כי הוא מתחבר להדק A2 של ה ADC כדי לקרוא את המתח בציר y) . את הדק XP קובעים כפלט ונותנים לו '0' (אדמה) !! . הדבר מתואר באיור הבא:



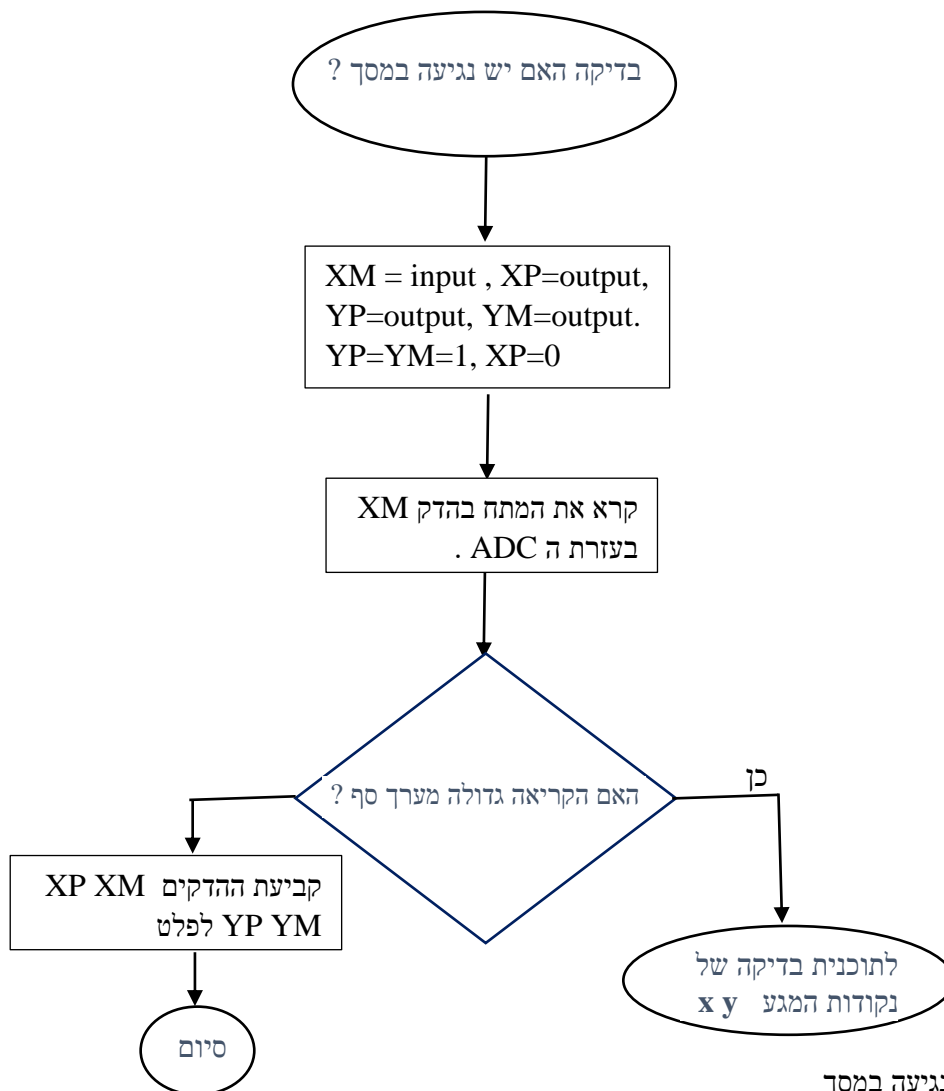
איור 5 : בדיקה האם הייתה נגיעה במסך

הסיבה לכך ששמים אדמה בהדק XP היא ששכבה x לא תהיה באוויר כאשר לא נוגעים במסך. כאשר הדק נמצא באוויר הוא יכול לקלוט "רעש" והקריאה שתתקבל מהדק XM לא תהיה נכונה. זה די דומה לנגד pull down – משיכה למטה - רק שכאן התנגדות שכבה x היא כמה מאות אוהם ולא קילו אוהמים .

המתח בשכבה y הוא 5v בכל נקודה כי משני הצדדים שלה בהדקי YP ו YM חיברנו 5v .

כאשר אין נגיעה במסך המתח שנמצא בהדק XM הוא קרוב ל 0v כי אין מתח בשכבה x. קריאת ה ADC מהדק זה תהיה מספר דיגיטאלי קטן . כאשר ניגע במסך הקריאה שנקבל היא כמעט 5 וולט כי בשכבה y יש 5 וולט וקריאת ה ADC תהיה מספר גבוה . נבחר ערך סף שמתחתיו מחליטים שאין נגיעה ולכן אין טעם לחפש נקודת נגיעה x y . מעל ערך זה נרשום תוכנית למציאת הנקודות x y .

3.1.1 תרשים זרימה – בדיקה האם יש נגיעה במסך



תרשים זרימה 1 : האם יש נגיעה במסך

בסעיף הקודם יש הסבר מפורט של תרשים הזרימה.

3.2.1 קטע קוד לבדיקת האם יש נגיעה במסך

```

//*****
//----- פונקציה לקליטת שעורי לחיצה במסך -----
void touch()
{
    int z; // מראה ערך שבעזרתו נבדוק האם יש נגיעה במסך ?
    pinMode(XP,OUTPUT);
}
    
```

```
pinMode(XM,INPUT);
```

```
digitalWrite(XP,LOW);
```

```
pinMode(YP,OUTPUT);
```

```
pinMode(YM,OUTPUT);
```

```
digitalWrite(YM,HIGH);
```

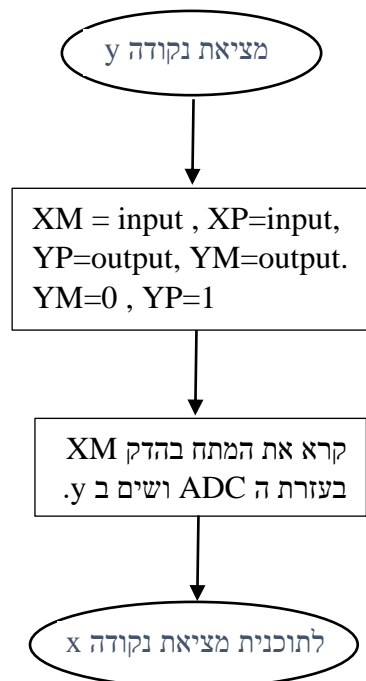
```
digitalWrite(YP,HIGH);
```

```
int z=analogRead(XM);
```

```
if(z>30) // x y נקודות נמצוא נגיעה ויש למצוא נקודות x y
```

4.1 קריאת נקודת המגע בשכבה y .

4.1.1 תרשים הזרימה התרשים הבא מראה כיצד נקרא את נקודת המגע בציר y .



תרשים זרימה 2 : מציאת נקודת המגע y .

4.2.1 הסבר התרשים

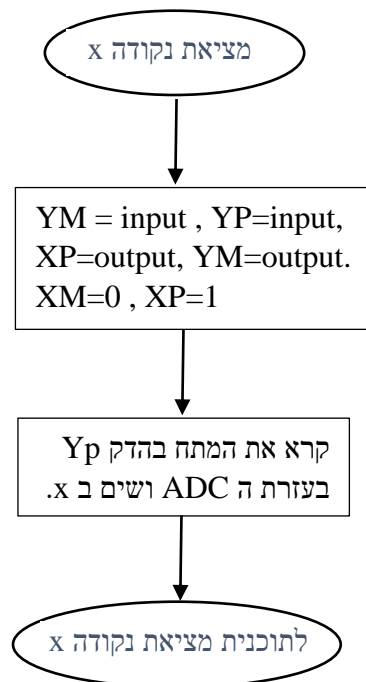
קובעים את הדקי שכבה y לפלט ואת הדקי שכבה x לקלט . להדק YP נותנים 5 וולט ולהדק YM נותנים 0 ומבצעים קריאה אנאלוגית מהדק XM ואת הערך הזה מעבירים ל y .

ו.4.3 הקוד למציאת נקודה y

```
// קריאת שעורי y
pinMode(XM,INPUT);
pinMode(XP,INPUT);
pinMode(YP,OUTPUT);
pinMode(YM,OUTPUT);
digitalWrite(YM,LOW);
digitalWrite(YP,HIGH);
y=analogRead(XM);
```

ו.5 קריאת נקודת המגע בשכבה x

ו.5.1 תרשים הזרימה התרשים הבא מראה כיצד נקרא את נקודת המגע בציר x .



תרשים זרימה 3 : מציאת נקודת המגע x .

ו.5.2 הסבר התרשים

קובעים את הדקי שכבה x לפלט ואת הדקי שכבה y לקלט . להדק XP נותנים 5 וולט ולהדק XM נותנים 0 ומבצעים קריאה אנאלוגית מהדק Yp ואת הערך הזה מעבירים ל x .

5.3.1 הקוד למציאת נקודה x

```
// קריאת שעורי x
pinMode(YM,INPUT);
pinMode(YP,INPUT);
pinMode(XM,OUTPUT);
pinMode(XP,OUTPUT);
digitalWrite(XM,0);
digitalWrite(XP,1);
x=analogRead(YP);
```

6.1 בדיקה האם לבצע הדפסות למסך הטורי במחשב

```
if(debugTouch) // האם להדפיס למסך הטורי ?
{
  Serial.print(" z = ");
  Serial.print(z);
  Serial.print(" x = ");
  Serial.print(x);
  Serial.print(" y = ");
  Serial.println(y);
  delay(100);
}
```

7.1 פונקציית ה touch המלאה

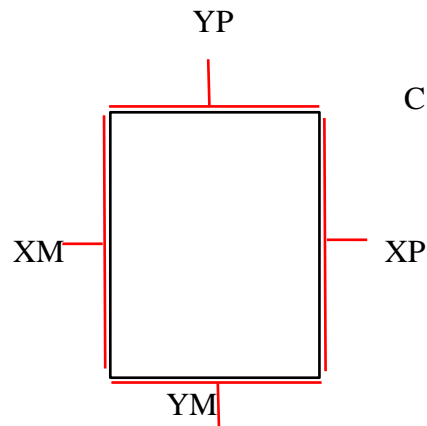
```
//*****
//----- פונקציה לקליטת שעורי לחיצה במסך -----
void touch()
```

```
{  
  int z; // מראה ערך סף האם הייתה נגיעה במסך ?  
  pinMode(XP,OUTPUT);  
  pinMode(XM,INPUT);  
  digitalWrite(XP,LOW);  
  pinMode(YP,OUTPUT);  
  pinMode(YM,OUTPUT);  
  digitalWrite(YM,HIGH);  
  digitalWrite(YP,HIGH);  
  int z=analogRead(XM);  
  if(z>30) // ערך סף שבו בודקים האם יש נגיעה במסך ?  
  {  
    // קריאת שעורי y  
    pinMode(XM,INPUT);  
    pinMode(XP,INPUT);  
    pinMode(YP,OUTPUT);  
    pinMode(YM,OUTPUT);  
    digitalWrite(YM,LOW);  
    digitalWrite(YP,HIGH);  
    y=analogRead(XM);  
  
    // קריאת שעורי x  
    pinMode(YM,INPUT);  
    pinMode(YP,INPUT);
```

```
pinMode(XM,OUTPUT);  
pinMode(XP,OUTPUT);  
  
digitalWrite(XM,0);  
digitalWrite(XP,1);  
x=analogRead(YP);  
if(debugTouch) // האם להדפיס למסך הטורי ?  
{  
  Serial.print(" z = ");  
  Serial.print(z);  
  Serial.print(" x = ");  
  Serial.print(x);  
  Serial.print(" y = ");  
  Serial.println(y);  
  delay(100);  
}  
}  
  
pinMode(YM,OUTPUT);  
pinMode(YP,OUTPUT);  
pinMode(XP,OUTPUT);  
pinMode(XM,OUTPUT);  
}
```

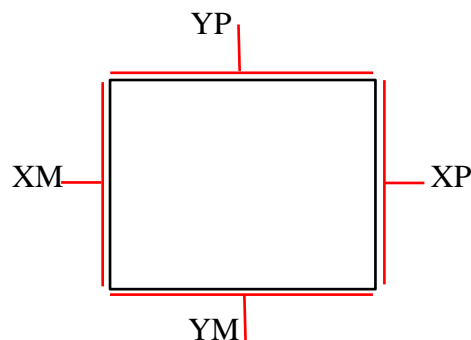
ז. הערות כלליות

1. חלק מתצוגות ה tft מגיעות כאשר התצוגה במצב portrait (פורטרט כמו בתמונת פספורט). האיור הבא מתאר את המצב.



איור 6 : מצב portarait של ה tft .

יש אפשרות לעבוד במצב landscape (נוף) על ידי מתן הפקודה `tft.setRotation(1);` (tft הוא אובייקט עליו מפעילים את המתודה `.setRotation`). במקרה זה נקבל את המצב המתואר באיור הבא :



איור 7 : מצב landscape (נוף).

2. ניתן לחשב מהי נקודת המגע ולדעת מהו המספר שנקבל מה ADC עבור נגיעה בנקודה מסוימת במסך . אם נניח שבשכבה X יש 480 פיקסלים והשכבה מקבלת בין XP ל XM 5 וולט . ה ADC של 10 ביט ואז יש לנו 2^{10} מצבים שהם 1024 . המספר שנקבל עבור כל פיקסל הוא :

$$1024 / 480 = 2.1333$$

אם נקודת המגע היא במרכז ציר x (בפיקסל 240 שהוא חצי מ 480) המספר שנקבל מה ADC עבור x יהיה :

$$2.1333 * 240 = 512$$

בצורה דומה ניתן למצוא מה המספר שנקבל מה ADC עבור נגיעה בפיקסל מסוים עבור y אבל כאן החלוקה תהיה ב 320 . ההסבר נכון מתוך הנחה שהחומר ההתנגדותי מרווח בצורה אחידה על המשטח והתנגדותו שווה לכל יחידת אורך (או רוחב) .

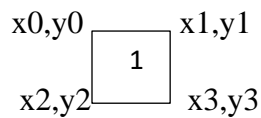
3. במקרים רבים עובדים בצורה אחרת. מציירים במסך ה tft מלבן עם הדפסה וצריך לבצע זיהוי שהמשתמש לחץ על המלבן . האיור הבא מסביר את הנאמר :

באיור מתואר מסך להכנסת קוד . בודקים מהם קריאות ה ADC בתוך הגבולות בלחיצה על כל אחד מהמקשים .



איור 8 : מסך הכנסת קוד כדוגמה לשימוש ב touch

נצייר את אחד המקשים – מקש 1 - ונסביר את פעולת הזיהוי של נגיעה במקש :



איור 9 : זיהוי גבולות נגיעה

נוגעים עם עיפרון (או עט) עם משטח רך בקצה (כמו גומי) בכל אחד מקודקודי המלבן/מרובע . רושמים את צמד נקודות המגע בכל קודקוד. הנקודות y_0 y_1 שוות (מעשית הן כמעט שוות כי מאוד קשה לדייק בנגיעה) כי הן באותו הגובה וגם הנקודות y_2 ו y_3 אותו ערך כי הן באותו הגובה . הנקודות $x_0=x_2$ וגם $x_1=x_3$ כי הם באותו הרוחק. כדי לדעת האם נגענו במלבן/ריבוע זה נרשום :

`if (x > x0 && x < x1 && y > y0 && y < y2)`

; המקש הוא '1'